

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«КОЛЛЕДЖ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»

**ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЛОЧНОГО
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО МОСТА**

Методическое пособие по курсовому проектированию по специальности
08.02.02 «Строительство и эксплуатация инженерных сооружений»,
по МДК 01.02 Проектирование инженерных сооружений и МДК 03.01
Технология возведения инженерных сооружений

Москва, 2024

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее методическое пособие ориентировано на получение студентами графических и вариативных навыков, необходимых при курсовом и дипломном проектировании мостов.

В качестве объекта изучения в пособии рассматриваются балочные железобетонные мосты как наиболее простые и удобные в постройке и нашедшие в России широкое применение в последние десятилетия.

Что касается применяемых в строительстве мостов материалов, то, по данным Международной федерации по предварительно напряжённым железобетонным конструкциям (ФИП), до 60% мостов строят из предварительно напряжённого железобетона, 30% из обычного железобетона и только 10% из стали [9].

Основные конструктивные элементы балочных железобетонных мостов представлены в сокращённом изложении, достаточном для выполнения курсовой работы.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОСТАХ И МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДАХ

1.1. Основные понятия и краткая классификация мостов

Мостовым переходом называется комплекс инженерных сооружений, состоящий из собственно моста, насыпей подходов к нему, ледорезов, регуляционных и берегоукрепительных сооружений.

Мостовые сооружения строятся, когда трасса автомобильной дороги пересекает водоток (мост), другую дорогу (путепровод), долину, ущелье, овраг (виадук), городскую или заводскую территорию (эстакада).

Собственно **мостом** называют сооружение для пропуска дороги над водным препятствием [11].

Мосты классифицируют по следующим признакам: назначению, типу опор и пролётных строений, виду материала, расположению уровня проезда, статической системе, обеспеченности в отношении пропуска высоких вод, характеру пересечения препятствия и длине моста.

По назначению различают мосты: **автодорожные, железнодорожные, городские, пешеходные, совмещённые** (для автомобилей и железнодорожных поездов), **специальные** (для пропуска трубопроводов, кабелей и т. п.).

По типу применяемых опор: **на жёстких опорах, на плавучих опорах** (понтонных, баржах).

По типу пролётного строения: **неподвижные, разводные** (в которых для пропуска судов устраивают специальный разводной пролёт размерами, требуемыми для судоходства).

По виду применяемых материалов: **деревянные, металлические, железобетонные, бетонные и каменные**. Определяющим при этом является материал пролётного строения.

По уровню расположения проезжей части различают мосты **с ездой: поверху**, когда проезжая часть расположена по верху пролётного строения (рис. 1.1, а); **понизу**, когда проезжая часть находится на уровне низа пролётного строения (рис. 1.1, б);

посередине, когда проезжая часть находится в средней по высоте части пролётного строения (рис. 1.1, в).

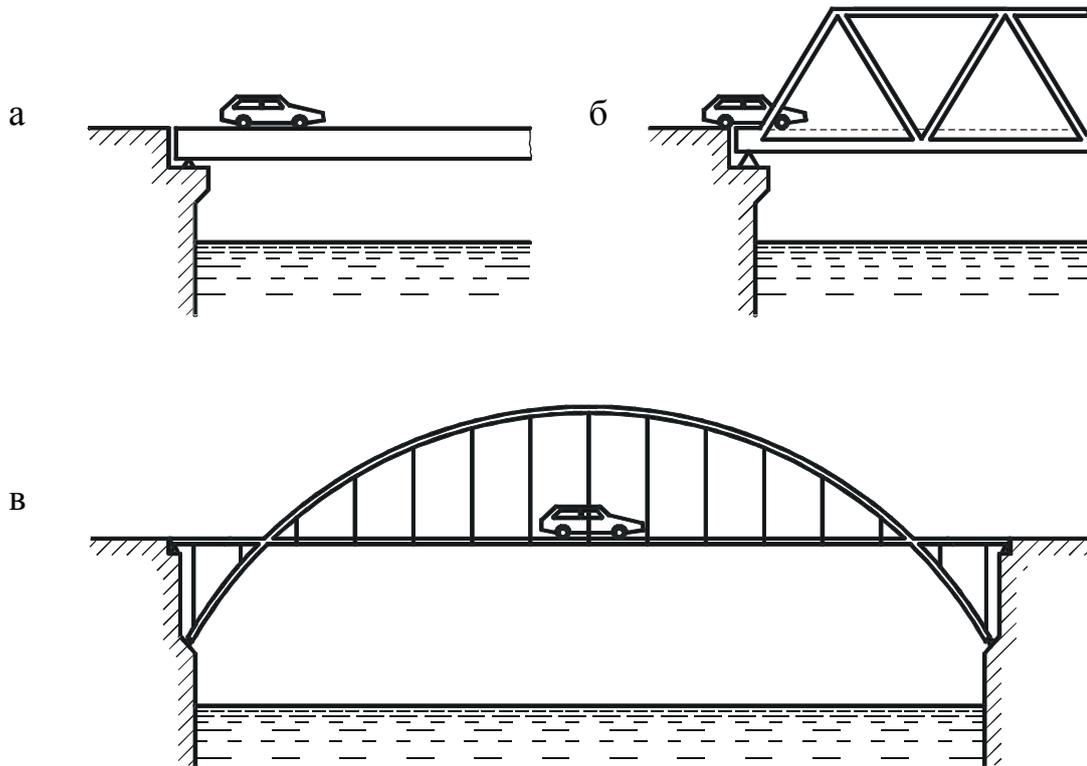


Рис. 1.1. Схемы мостов
в зависимости от расположения уровня проезжей части

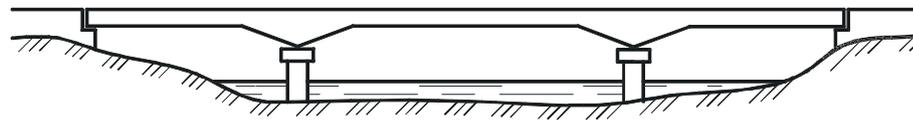
По статической схеме главных несущих конструкций пролётных строений различают мосты: **балочные** – рис. 1.2, рис. 1.3, а (разрезные – рис. 1.2, а, неразрезные – рис. 1.2, б и консольные – рис. 1.2, в); распорных систем (**арочные** – рис. 1.3, б, **рамные** – рис. 1.3, в, **висячие** - рис. 1.3, г); **комбинированные**, в которых сочетаются системы первых двух групп.

По обеспеченности в отношении пропуска высоких вод и ледохода различают мосты: **высоководные** и **низководные**.

По характеру пересечения препятствия: **прямые** (ось моста перпендикулярна берегам реки и направлению течения), **косые** (пересекает их под углом, отличным от прямого), **криволинейные** (ось моста – кривая линия).



а - разрезной балочный мост



б - неразрезной балочный мост



в - консольный балочный мост

Рис. 1.2. Балочные мосты

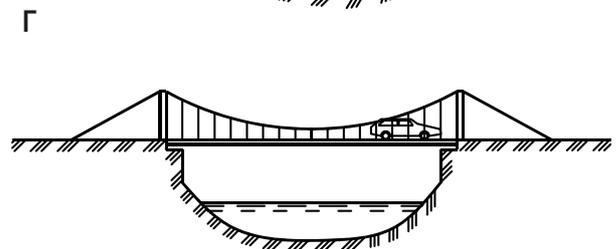
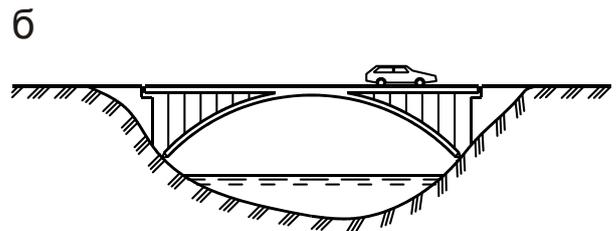
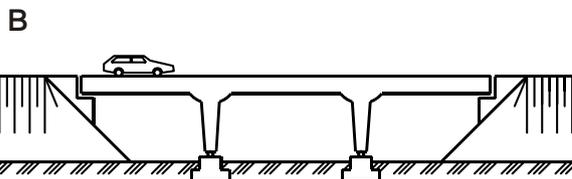
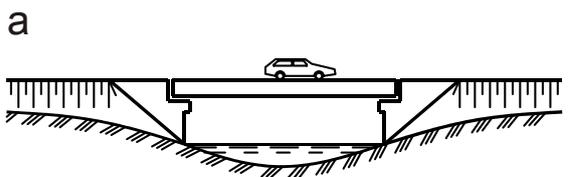


Рис. 1.3. Основные системы мостов

Мосты длиной, не превышающей 25 м, - **малые**; длиной 25 ... 100 м – **средние**; длиной более 100 м – **большие**. Мосты длиной менее 100 м, но с одним из пролетов более 60 м относятся к большим мостам.

Мост состоит из пролётных строений, поддерживающих проезжую часть, и опор, передающих давление пролётных строений

на грунт. Крайние опоры, расположенные в местах сопряжения моста с насыпями подходов, называются устоями, а промежуточные опоры – быками.

Конструктивное решение моста во многом зависит от геометрических и гидравлических параметров речной долины (ширины, глубины, скорости течения водного потока), геологического строения русла и поймы, условий ледохода, требований речного судоходства, расчётного отверстия моста. Существенное значение имеют и следующие расчётные уровни воды (рис. 1.4):

расчётный уровень высоких вод (РУВВ) – наивысший уровень воды заданной вероятности превышения в створе мостового перехода;

расчётный судоходный уровень (PCУ) – наивысший уровень воды в судоходный период, который обычно несколько ниже РУВВ;

уровень меженных вод (УМВ) – средний уровень воды в период между паводками (уровень межени).

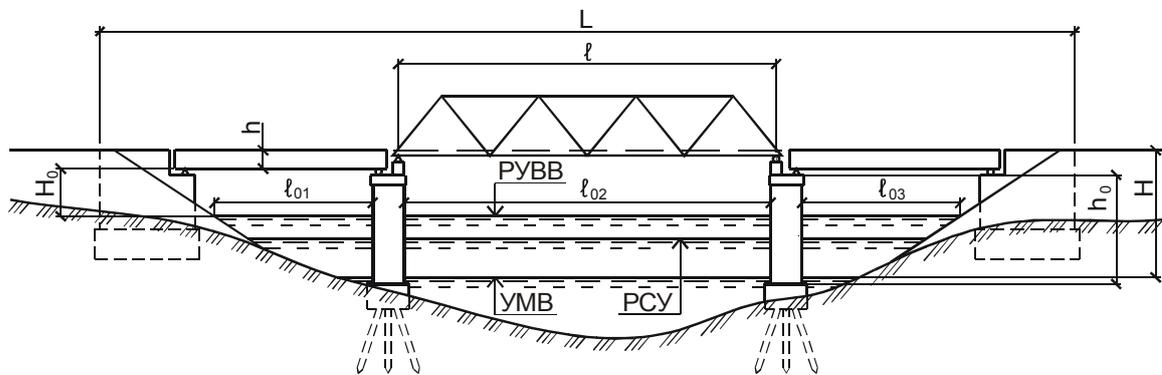


Рис. 1.4. Основные характеристики моста и расчётные уровни воды

В мостах применяют следующие основные определения и обозначения:

д л и н а м о с т а L_m – расстояние по оси моста между примыкающими к насыпям подходов гранями устоев;

о т в е р с т и е м о с т а L_o – горизонтальный размер между внутренними гранями устоев или конусами насыпи, измеренный при расчётном уровне воды с исключением толщины промежуточных опор;

в ы с о т а м о с т а H – расстояние от поверхности проезжей части до уровня меженных вод;

с в о б о д н а я в ы с о т а п о д м о с т о м H_o – расстояние между низом пролётных строений и расчётным уровнем высоких вод или расчётным судоходным уровнем (если река судоходная);

в ы с о т а о п о р ы $h_{оп}$ – расстояние от её верха до грунта;

с т р о и т е л ь н а я в ы с о т а п р о л ё т н о г о с т р о е н и я h_c – расстояние от проезжей части до самых нижних частей пролётного строения;

р а с ч ё т н ы й п р о л ё т l – расстояние между осями опирания пролётного строения на смежных опорах;

ш и р и н а м о с т а B – расстояние между перилами в свету;

ш и р и н а п р о л ё т н о г о с т р о е н и я B_o – расстояние между осями крайних балок;

ш и р и н а п р о е з ж е й ч а с т и nb – расстояние между внутренними гранями полос безопасности; b – ширина каждой полосы движения; n – число полос движения;

ш и р и н а е з д о в о г о п о л о т н а Γ – расстояние между ограждениями.

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

2.1. Балочные пролётные строения

По состоянию на последнюю четверть XX века железобетонные балочные мосты составляют более $\frac{3}{4}$ общей протяжённости всех автодорожных мостов [11].

Как правило, при проектировании мостовых сооружений используют типовые конструкции пролётных строений с напрягаемой и ненапрягаемой арматурой [9]. Основные размеры пролётных строений для удобства их заводского изготовления назначают с учётом модульности и унификации. Расчетные пролёты, или полную длину пролётных строений (балок), принимают равными 12, 15, 18, 21, 24, 33 и 42 м, а при больших пролётах – кратными 21 м.

В качестве конструктивных элементов в пролётных строениях применяют пустотелые плиты длиной 6, 9, 12, 15 и 18 м, тавровые балки (Т-образное поперечное сечение) с каркасной (ненапрягаемой) арматурой длиной 12, 15 и 18 м, ребристые предварительно напряжённые балки длиной 12, 15, 18, 21, 24, 33, 42 м (см. рис. 4.2), коробчатые балки длиной пролёта 42, 63, 84, 105 и 126 м.

При подготовке компоновочной схемы пролётного строения из ребристых железобетонных балок расстояния между осями соседних балок назначают в зависимости от ширины плиты типовой балки (см. прил. 4). При этом ширина продольного шва пролётного строения варьируется в интервале 0,3 ... 0,6 м.

2.2. Опоры

Конструкция опор балочных мостов принимается в зависимости от величины и системы пролётного строения, геологических и гидрологических условий, толщины льда, условий судоходства, производственных, архитектурных и других соображений.

В мостах через большие судоходные реки применяют, как правило, русловые опоры массивного типа (рис. 2.1). Пойменные опоры и устои проектируют преимущественно облегченного типа.

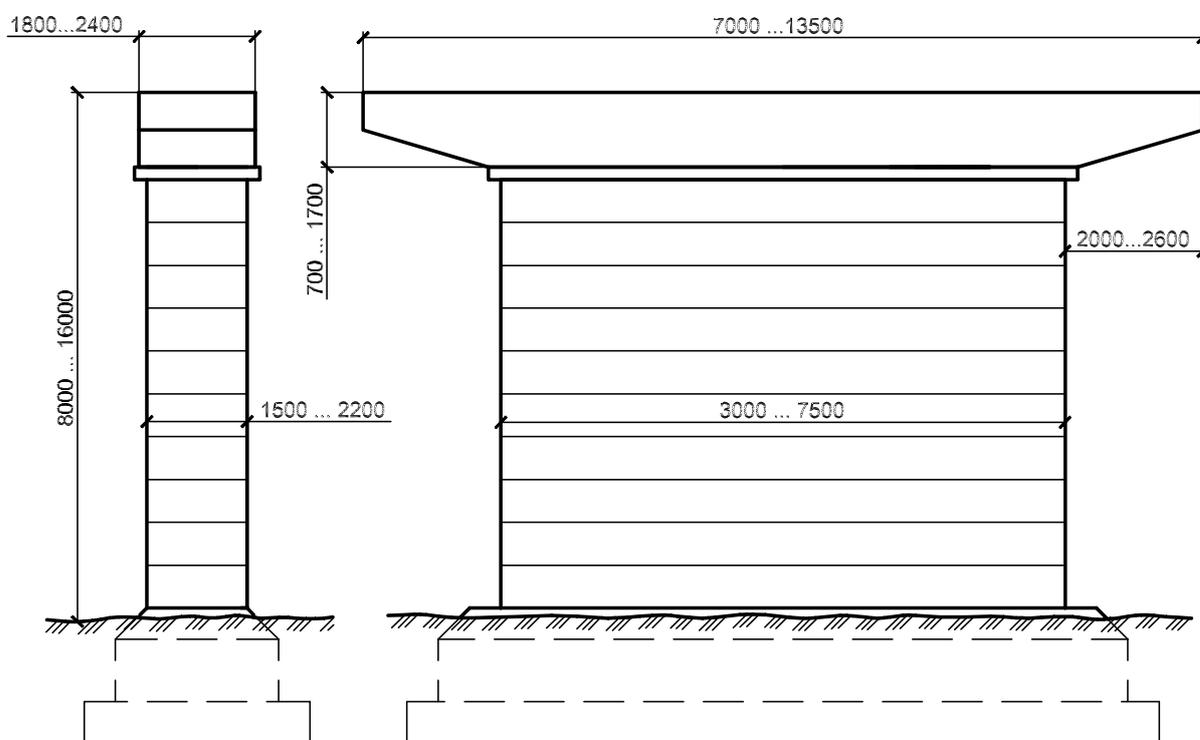


Рис. 2.1. Сборно-монолитная промежуточная опора массивного типа

При большой высоте опор и пролетах 18...42 м в промежуточных опорах применяется облегченная верхняя часть (рис. 2.2). Нижняя часть опоры до отметки, превышающей РУВВ на 0,5 м, устраивается массивной - сборной, сборно-монолитной или монолитной конструкции. Верхняя часть опоры сооружается в виде рамной надстройки, состоящей из стоек диаметром 1,0; 1,2; 1,6 м и ригеля.

На рис. 2.3 [17] представлен пример промежуточной опоры массивного типа под пролетные строения длиной 24 м из шести ребристых цельноперевозимых железобетонных предварительно напряженных балок. Габарит моста Г-10 включает в себя две полосы движения по 3,5 м и полосы безопасности по 1,5 м. Ширина

тротуара –1 м. Расчетный пролет балок (расстояния между осями опорных частей по длине балки) – 23,4 м. Расстояние между осями соседних балок – 2,1 м. Полная ширина пролетного строения

$$B = 10,0 + 2 \times 0,4 + 2 \times 1,0 + 2 \times 0,4 = 13,2 \text{ м.}$$

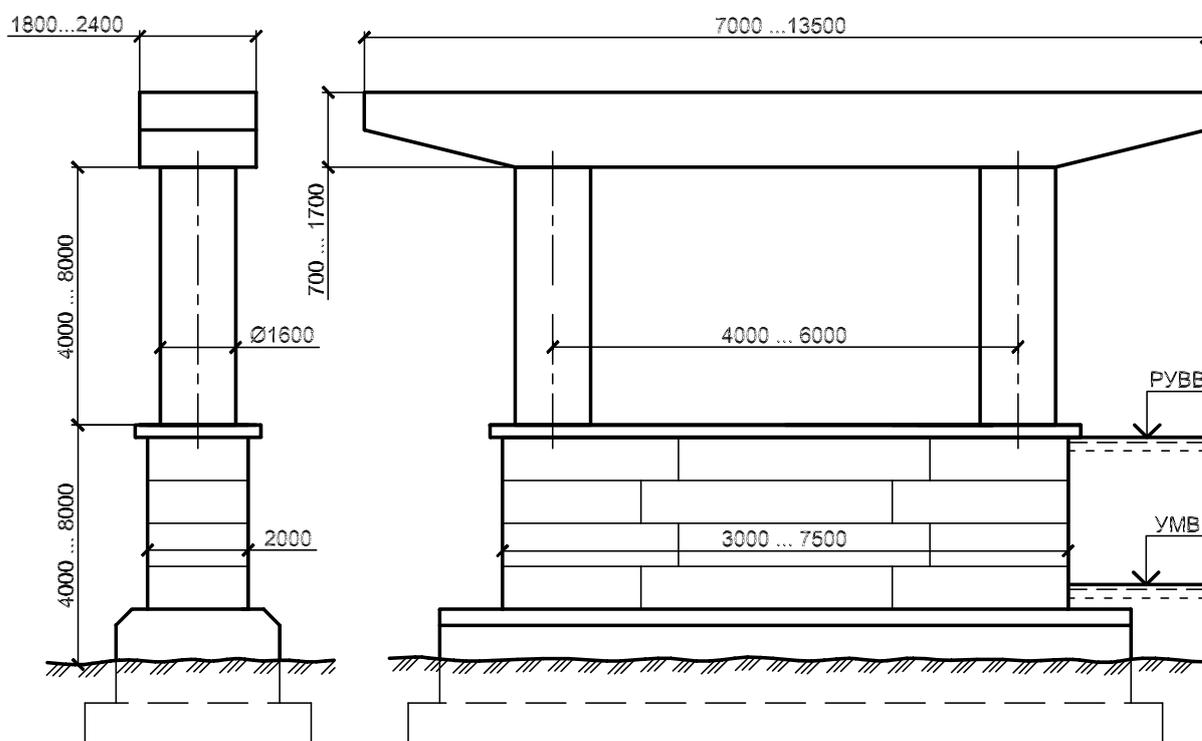


Рис. 2.2. Сборно-монолитная промежуточная опора массивного типа с облегчённой верхней частью

В этом примере рассматривается промежуточная опора на естественном основании.

Глубину заложения фундаментов на естественном основании назначают в зависимости от инженерно-геологических условий и выбора несущего слоя грунта. При этом учитывают следующие требования к минимальным глубинам заложения подошвы фундамента:

при грунтах, подверженных морозному пучению (т.е. во всех случаях, кроме скальных, гравелистых и крупнопесчаных грунтов), - на 0,25 м ниже глубины промерзания;

при грунтах, подверженных размыву, – на 2,5 м ниже поверхности грунта после размыва;

при скальных грунтах – на 0,25 м, считая от отметки, на которой расчетное сопротивление не ниже величины давления фундамента;

при любых грунтах, кроме скальных, при отсутствии размыва – на 1,0 м ниже дневной поверхности или дна водотока.

Обрезы фундаментов мостовых опор, как правило, располагают на 0,5 м ниже УМВ, а пойменных опор – на уровне поверхности грунта после размыва.

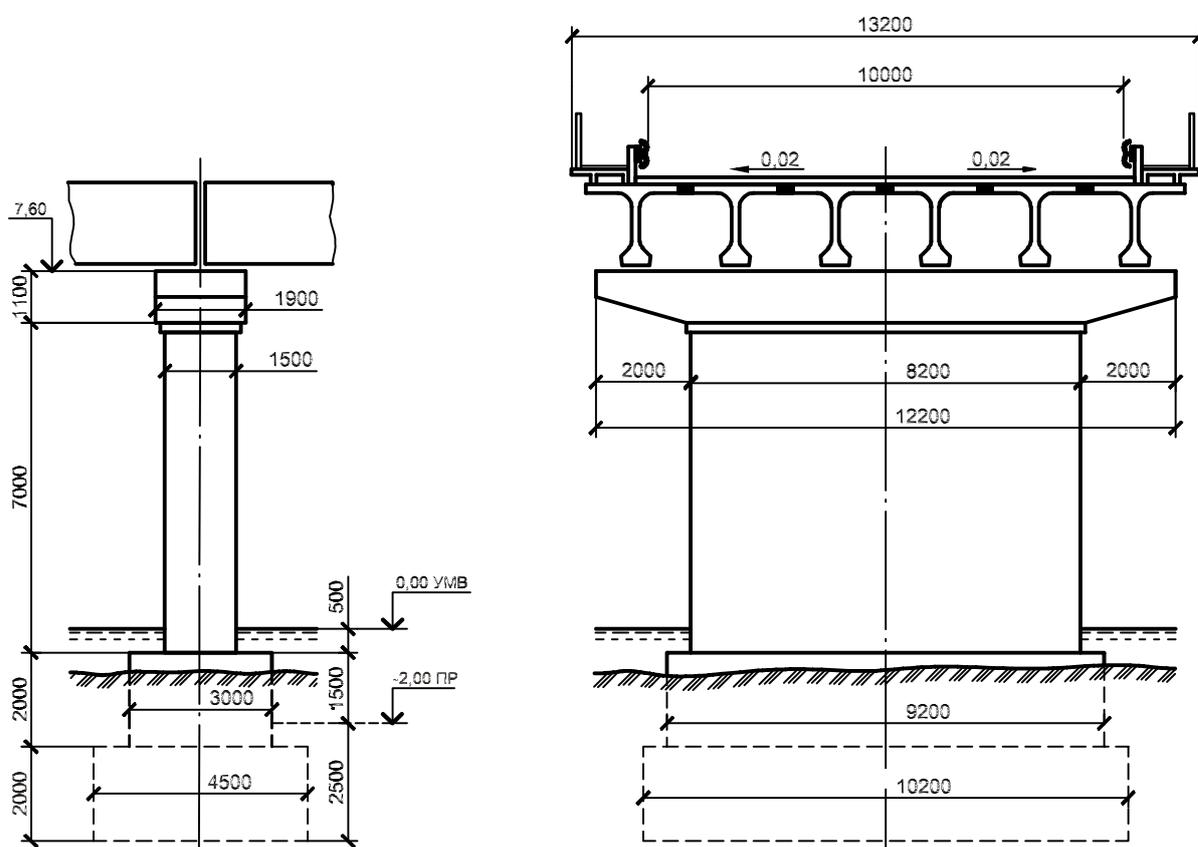


Рис. 2.3. Промежуточная опора массивного типа

Определение размеров опоры начинается с уровня верха ригеля (подферменной площадки) из условия размещения опорных частей, передающих усилие от пролётного строения на опору.

Размеры тела опоры непосредственно под ригелем уменьшаются на величину его свеса (рис. 2.4); минимальная величина свеса равна 10 см.

В современной практике проектирования широко распространён вариант облегчённых опор с консольным ригелем (консоли по 2,0 ... 2,5 м).

Для отвода воды, попадающей на ригель, его верхней поверхности придают уклоны, называемые сливами; уклон слива – не положе 1:10. Высоту подферменников (площадок, на которых располагаются опорные части) принимают равной высоте слива плюс 3...5 см. Поперечный уклон проезжей части моста достигается устройством подферменников переменной высоты.

На стадии вариантного проектирования (в данной учебной работе) опорные части и подферменники не показываются. Расстояние между низом балки пролётного строения и верхом ригеля опоры принимается ориентировочно равным 10 см.

Ширина ригеля по фасаду моста (см. рис. 2.4) равна

$$A = m + \sum n + \sum b/2 + 2(c + t + k),$$

где m – зазор между торцами балок соседних пролетов, $m = 5$ см;

n – расстояние от торца балки до оси опорной части, для балок длиной 12 ... 42 м $n = 30$ см ;

b – размер опорной части, определяемый расчётом; для данной графической работы принимаем $b = 20$ см;

c – расстояние от опорной части до края подферменника, $c = 15$... 20 см;

t – расстояние от края подферменника до грани опоры, назначаемое в зависимости от длины пролётного строения:

при пролётах до 30 м – не менее 15 см;

при пролётах от 30 до 100 м – не менее 25 см;

при пролётах более 100 м – не менее 35 см;

k – свес ригеля над телом опоры, $k = 10$... 15 см.

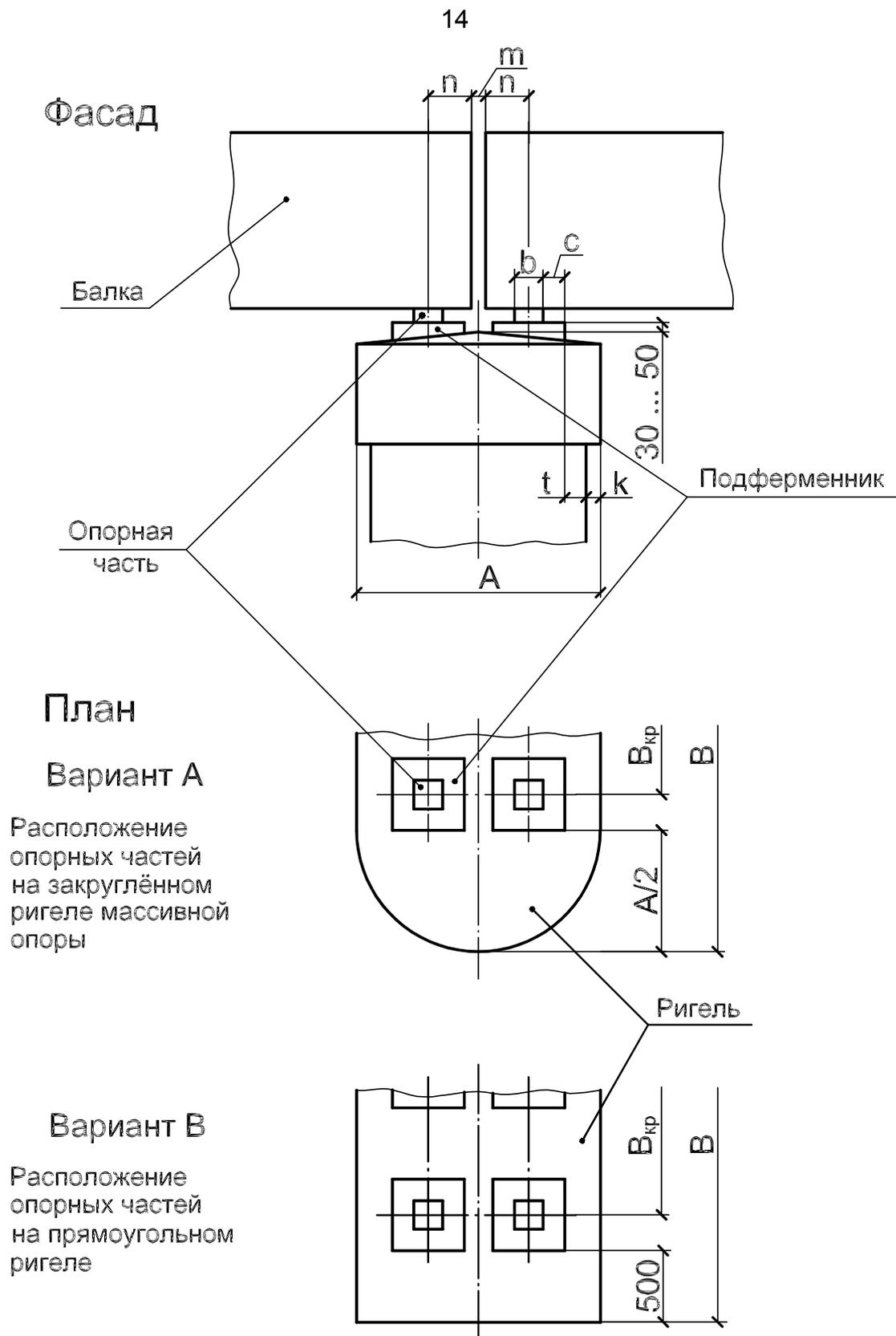


Рис. 2.4. Схема подферменной площадки

Длина закруглённого ригеля поперек моста (см. рис. 2.4)

$$B = B_{\text{кр}} + b + 2c + A,$$

где $B_{\text{кр}}$ – расстояние между осями крайних балок.

Для прямоугольного ригеля

$$B = B_{\text{кр}} + b + 2c + 2 \times 0,5,$$

где 0,5 м – минимальное расстояние от края подферменника до края ригеля поперёк моста.

Для примера, показанного на рис. 2.3 (опора с ригелем прямоугольного очертания),

$$A = 0,10 + (0,30 + 0,10 + 0,15 + 0,10) \times 2 = 1,7 \text{ м},$$

$$B = 10,5 + 0,20 + 2 \times 0,15 + 2 \times 0,5 = 12,2 \text{ м}.$$

При карнизных свесах размером 0,1 м ширина тела опоры по фасаду – 1,5 м. Принимаем ширину ступеней фундамента (или ступеней плиты ростверка, рис. 2.5) вдоль и поперёк моста по 0,5 м. Тогда ширина прямоугольных массивов по фасаду (см. рис. 2.3) – 2,5 и 4,0 м, поперёк моста – 9,2 и 10,2 м. По заданию отметка УМВ равна 0,00 м, отметка дна реки после размыва равна – 2,0 м. Следовательно, отметка подошвы фундамента $(-2,0) - (2,5) = -4,5$ м. Отметка верха опоры 7,6 м; полная высота опоры $7,6 - (-4,5) = 12,1$ м.

В неразрезных пролётных строениях при расположении на промежуточной опоре (по её центру) только одной опорной части ширина ригеля может быть уменьшена до 1,2 м.

Фундаменты мелкого заложения на естественном основании применяют при неглубоком залегании прочных грунтов от поверхности земли.

Промежуточные опоры через большие судоходные реки, которым свойственно, как правило, наличие мощного слоя руслового аллювия (пески), проектируют обычно на свайном основании (см. рис. 2.5). При этом верх плиты свайного ростверка

(т. е. обрез фундамента) обычно назначается на 0,5 м ниже УМВ. Ростверки всех промежуточных опор размещаются на одной и той же отметке, так как максимальная глубина воды может оказаться у любой промежуточной опоры под влиянием природных русловых деформаций.

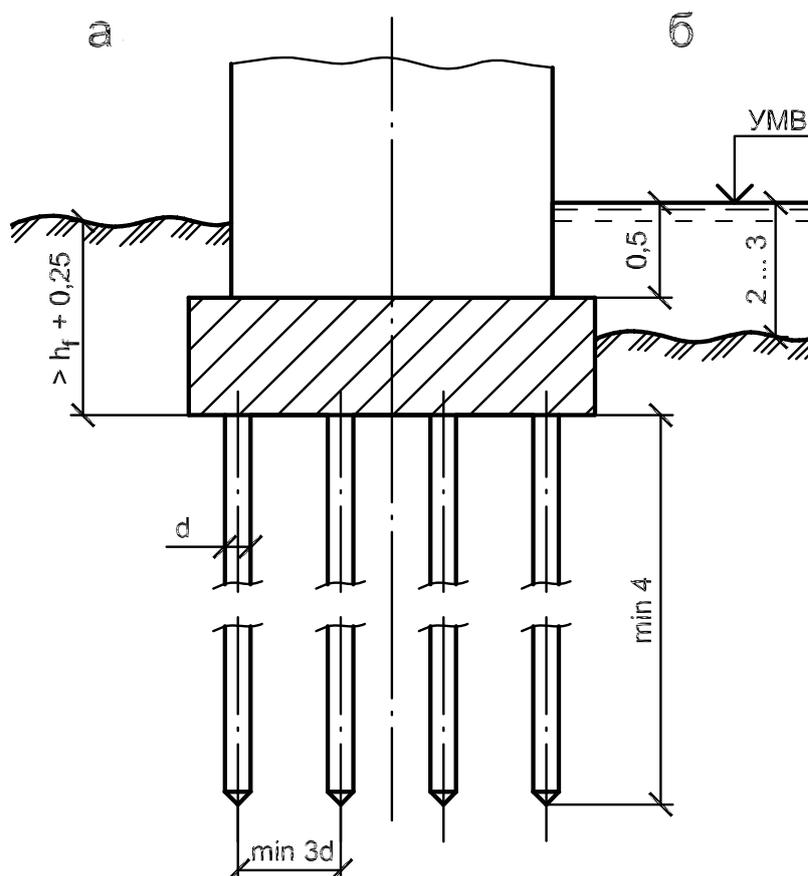


Рис. 2.5. Свайный фундамент промежуточной опоры:
а – на пойме; б – в русле

При сооружении свайных фундаментов балочных железобетонных мостов часто применяют железобетонные сваи сечением 35 x 35 см, длиной 6, 8, 9, 10, 12, 14 м. Необходимое количество свай на одну опору определяется расчётом. Минимальное расстояние между осями таких свай по фасаду моста равно 1,05 м. Расстояния между осями свай в направлении поперёк

моста принимают равными 1,2 м. Для судоходных пролетов 33, 42 м применяют трёхрядные свайные ростверки, при меньших пролётах – двухрядные.

Отметка острия забивной сваи или ножа сваи-оболочки должна быть ниже отметки предельного размыва не менее, чем на 4 м. По условиям несущей способности грунтов эта величина может быть увеличена еще на несколько метров.

Существует множество видов устоев, применяемых в балочных мостах [9]. Выбор конструкции устоя зависит от конкретных инженерно - геологических условий и основных геометрических параметров мостового сооружения.

Под пролётные строения длиной 18 ... 33 м и при возвышении низа ригеля над естественным грунтом до 6 м в последние годы применяют безростверковые обсыпные устои козлового типа (рис. 4.8). Сваи забивают на глубину не менее 4 м [9].

2.3. Сопряжение моста с подходной насыпью и укрепление конусов

Безопасный плавный проезд автомобилей на участке сопряжения моста с насыпью обеспечивается посредством применения переходных плит (рис. 2.6). Одним концом плиты опираются на выступ шкафной стенки устоя. Другой конец опирается на лежневую опору (обычно это свая сечением 35 x 35 см); расстояние от плиты до отметки проезжей части в этом месте равно 45 см.

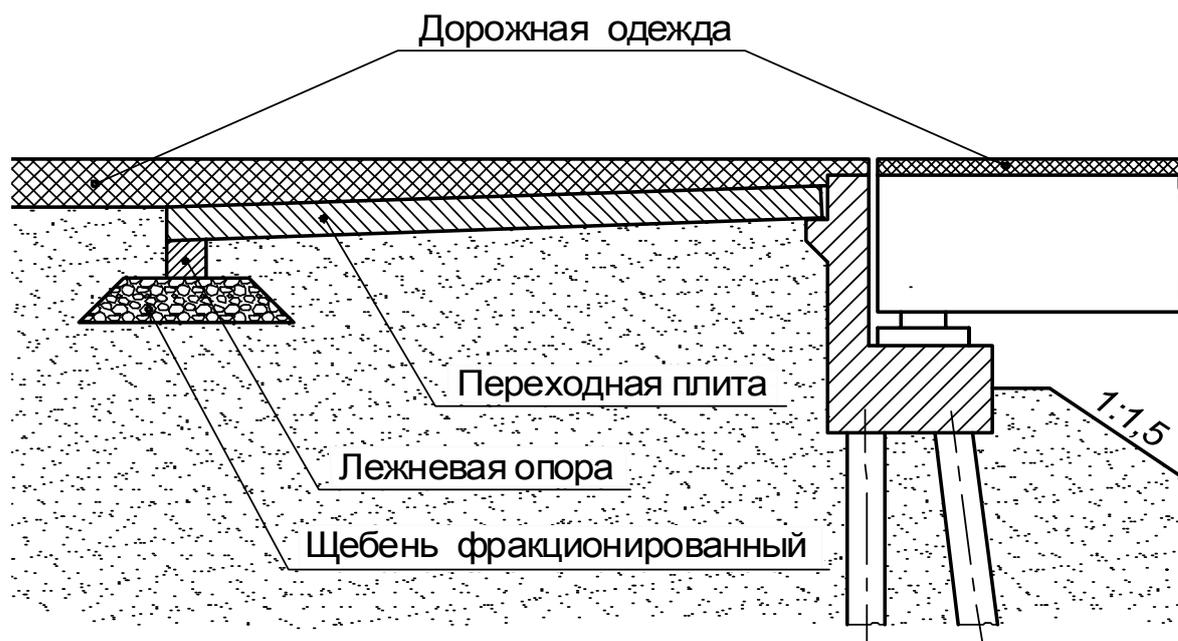


Рис. 2.6. Сопряжение моста с подходами с помощью переходной плиты

Длину переходных плит назначают в зависимости от высоты насыпи перед мостом (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Размеры переходных плит

№	Высота насыпи, м	Размеры плиты, мм
1	2	3000 x 1490 x 200
2	2	3000 x 1990 x 200
3	2 ... 6	4000 x 980 x 250
4	6 ... 7	6000 x 980 x 300
5	8	8000 x 980 x 400

Для защиты грунта насыпи от размыва под воздействием поверхностного стока и речного потока поверхность её конусов (под береговыми пролётами) укрепляется монолитным бетоном по слою щебня.

Подошва конуса укрепляется специальной конструкцией. Размеры конструктивных элементов укрепления подошвы конуса в каждом конкретном случае определяются расчётом. Для выполнения рассматриваемой графической работы можно воспользоваться размерами конструктивных элементов, показанными на рис. 2.7.

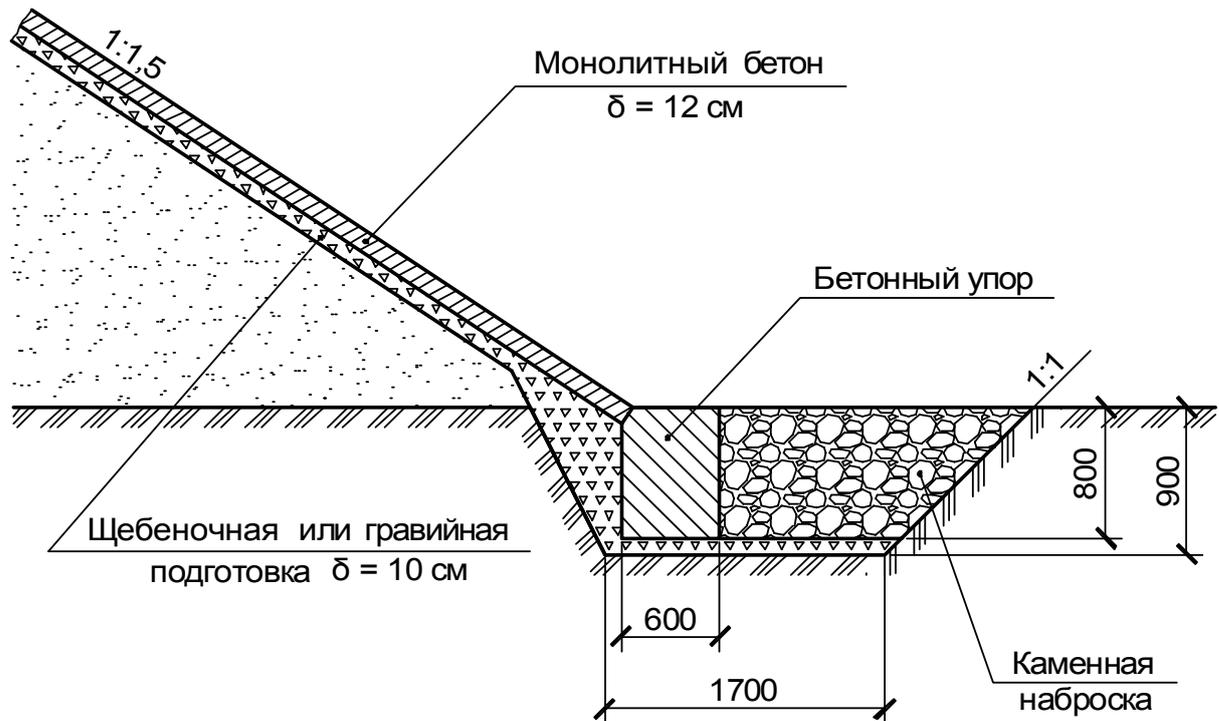


Рис.2.7. Укрепление поверхности и подошвы конуса

3. ПРИНЦИПЫ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ КОМПОНОВКИ СХЕМ ВАРИАНТОВ БАЛОЧНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО МОСТА ЧЕРЕЗ СУДОХОДНУЮ РЕКУ

Мост через судоходную реку является сложным и дорогостоящим инженерным сооружением, и поэтому его проектирование обязательно должно быть вариантным. Обычно составляют не менее двух вариантов пролётной схемы моста.

Компоновка схем вариантов моста выполняется при соблюдении следующих принципов.

1. Принцип модульности заключается в том, что пролётная схема моста компонуется из стандартных типовых балок длиной 12, 15, 18, 21, 24, 33 и 42 м, выпускаемых заводами МЖБК (мостовых железобетонных конструкций). Первые пять типоразмеров назначены с шагом 3 м, что и является модулем.

Применение в мостах немодульных балок приводит к необоснованному удорожанию строительной стоимости моста.

2. Принцип унификации состоит в том, что количество типоразмеров длин мостовых балок, применяемых в любой схеме моста, должно быть минимально возможным (2 или 3).

Например, в разрезном варианте схемы моста на участках рек, отнесенных к VII классу судоходства (см. табл.П2.1 прил. 2), следует применить (чтобы соблюсти принцип унификации) **только три типоразмера** длин балок, а именно: 42 и 33 м для двух судоходных пролётов и еще один (экономичный!) типоразмер балки для перекрытия несудоходной части отверстия моста.

3. Принцип экономичного пролёта, применяемый для несудоходной части отверстия моста, автоматически обеспечивает минимальную стоимость варианта пролётной схемы моста.

Экономичным называется пролёт, стоимость которого примерно равна стоимости опоры, на которую он опирается. Из проектной практики известно, что для несудоходной части мостов экономичными оказываются пролёты 18, 21, 24 м.

Величина экономичного пролёта определяется графически, точкой пересечения кривой зависимости стоимости пролётногo строения от величины пролёта с прямой стоимости опоры. График строится исходя из определения экономичного пролёта (см. выше). В данной учебной работе величина экономичного пролёта определяется упрощённо, минимальным отклонением фактической длины моста от расчётной.

Компоновка схемы любого варианта моста начинается с определения ряда геометрических характеристик проектируемого сооружения.

На судоходных реках отметки низа конструкций пролётных строений $H_{нк}$ и проезжей части $H_{пч}$ определяются по формулам

$$\begin{aligned} H_{нк} &= PCY + h_{VII} \text{ и} \\ H_{пч} &= H_{нк} + h_c, \end{aligned}$$

где PCY – отметка расчётного судоходного уровня;

h_{VII} – высота подмостового габарита над PCY (для VII класса судоходства $h_{VII} = 5$ м);

h_c – строительная высота пролётногo строения,

$$h_c = h_б + 0,15,$$

где $h_б$ – высота балки пролётногo строения;

0,15 м – толщина дорожной одежды проезжей части моста.

Определив высотное положение судоходных пролётов, размещают их на чертеже над наиболее глубокой частью русла, т. е. над фарватером (судовым ходом).

Далее, по заданному отверстию моста $L_о$ вычисляют расчётную длину моста $L_{мр}$ по формуле

$$L_{мр} = L_о + 2m (H_{пч} - PУВВ),$$

где m – коэффициент заложения конусов моста, равный 1,5;

$PУВВ$ – отметка расчётного уровня высоких вод в створе моста.

Из вышеприведенной формулы следует, что длина моста всегда больше его отверстия.

Зная длину моста и величину экономичного пролёта, можно определить (с округлением до целого числа в большую сторону) число несудоходных пролётов $N_{\text{нс}}$ по формуле

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum \ell_{\text{суд}}}{\ell_{\text{эк}}},$$

где $\ell_{\text{суд}}$ – величина судоходного пролёта;

$\ell_{\text{эк}}$ – величина экономичного пролёта.

Далее вычисляется фактическая длина моста $L_{\text{мф}}$ (без учёта деформационных швов), которая может отличаться от расчётной

$$L_{\text{мф}} = \sum \ell_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} \ell_{\text{эк}}.$$

Варьируя величиной экономичного пролёта $\ell_{\text{эк}}$, получим окончательную пролётную схему моста с наименьшим значением $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}}$.

Скомпонуем два варианта схемы балочного железобетонного моста через реку VII класса судоходства. Для этого потребуются два судоходных пролёта: основной (40 м) – для движения судов вниз по течению и смежный (30 м) – для движения судов вверх по течению. Высота подмостового судоходного габарита – 5 м, минимальная (гарантированная) глубина судового хода – 0,7 м.

Пример 1

Требуется скомпоновать вариант схемы железобетонного моста разрезной балочной системы через судоходную реку.

Исходные данные:

отметка уровня меженных вод УМВ, равная 0,00 м;

отметка расчётного уровня высоких вод РУВВ, равная 7,00 м;

отметка расчётного судоходного уровня РСУ, равная 6,00 м;

класс судоходства – VII;

отверстие моста L_o , равное 185 м;

высота балок судоходных пролётов h_b , равная 1,73 м.

Решение

1. Отметка низа конструкции пролётногo строения

$$H_{нк} = PCY + h_{VII} = 6,00 + 5,00 = 11,00 \text{ м.}$$

2. Отметка проезжей части на мосту

$$H_{пч} = H_{нк} + h_c = H_{нк} + h_b + h_{до} = 11,00 + 1,73 + 0,15 = 12,88 \text{ м,}$$

где $h_{до}$ – толщина дорожной одежды.

3. Расчётная длина моста

$$L_{мр} = L_o + 2m (H_{пч} - PУВВ) = 185 + 2 \times 1,5 (12,88 - 7,00) = 202,64 \text{ м.}$$

4. Число несудоходных пролётов определяем для различных величин экономических пролётов.

При $l_{эк} = 18 \text{ м}$

$$N_{нс} = \frac{L_{мр} - \sum l_{суд}}{l_{эк}} = \frac{202,64 - (42+33)}{18} = 7,1 \approx 7.$$

Фактическая длина моста $L_{мф} = \sum l_{суд} + N_{нс} l_{эк} = (42+33) + 7 \times 18 = 201 \text{ м}$. Разность $L_{мф} - L_{мр} = 201,00 - 202,64 = -1,64 \text{ м}$.

При этом необходимо проверять **условие**: фактическая длина моста отличается от расчётной не более, чем на +8 % или на -3 % (по абсолютной величине) [9]. В данном случае фактическая длина моста должна находиться в интервале 196,56 ... 218,85 м.

При $l_{эк} = 21 \text{ м}$

$$N_{нс} = \frac{L_{мр} - \sum l_{суд}}{l_{эк}} = \frac{202,64 - (42+33)}{21} = 6,1 \approx 6.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = 75 + 6 \times 21 =$
 $= 201 \text{ м. } L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 201,00 - 202,64 = - 1,64 \text{ м.}$

При $l_{\text{эк}} = 24 \text{ м}$

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{202,64 - (42+33)}{24} = 5,3 \approx 6.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = 75 + 6 \times 24 =$
 $= 219 \text{ м. } L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 219,00 - 202,64 = 16,36 \text{ м.}$

Предпочтение отдаем $l_{\text{эк}} = 21 \text{ м}$, так как при этом получаем наименьшее количество промежуточных опор по сравнению с вариантом $l_{\text{эк}} = 18 \text{ м}$ и меньшее отклонение фактической длины от расчётной по сравнению с вариантом $l_{\text{эк}} = 24 \text{ м}$.

5. Окончательная пролётная **схема** моста по варианту 1 (разрезная балочная система)

$$3 \times 21 + 42 + 33 + 3 \times 21.$$

По варианту 2 схема моста может быть представлена трёхпролётной неразрезной балочной системой в судоходной части отверстия моста и разрезными экономичными пролётами – в несудоходной. При этом величины пролётов в неразрезной системе принимаются (из условия равнопрочности) примерно в соотношении 0,75 : 1,0. Например, из типовых блоков составных по длине балок можно смонтировать трёхпролётную неразрезную систему 33 + 42 + 33, что обеспечивает соотношение величин пролетов 0,785 : 1,0 : 0,785.

С экономической точки зрения неразрезные балочные системы более выгодны, так как высота балок принимается в диапазоне от 1/20 до 1/40 от величины центрального пролёта, что значительно меньше высоты балок разрезных пролётных строений той же длины, составляющей не менее 1/20 величины пролёта. Так, например, высота балок в трёхпролётной неразрезной системе

33 + 42 + 33 может составлять 1/30 величины центрального пролёта, т. е. 1,4 м. Тогда как в разрезной системе высота балки того же пролёта равна 1,73 м.

Пример 2

Требуется скомпоновать вариант схемы железобетонного моста через судоходную реку с трёхпролётной неразрезной балочной системой в судоходной части отверстия моста при тех же исходных данных, что и в примере 1. Высота неразрезного пролётно-го строения $h_{\text{б}} = 1,4$ м.

Решение

1. Отметка проезжей части на мосту

$$H_{\text{пч}} = PCY + h_{\text{VII}} + h_{\text{б}} + h_{\text{до}} = 6,00 + 5,00 + 1,4 + 0,15 = 12,55 \text{ м,}$$

2. Расчётная длина моста

$$L_{\text{мр}} = L_{\text{о}} + 2m (H_{\text{пч}} - PУВВ) = 185,00 + 2 \times 1,5 (12,55 - 7,00) = 201,65 \text{ м.}$$

3. Число несудоходных пролётов для различных величин экономичных пролётов.

При $l_{\text{эк}} = 18$ м

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{201,65 - (33 + 42 + 33)}{18} = 5,2 \approx 5.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = (33 + 42 + 33) + 5 \times 18 = 198$ м. Разность $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 198,00 - 201,65 = - 3,65$ м.

При $l_{\text{эк}} = 21$ м

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{201,65 - (33 + 42 + 33)}{21} = 4,5 \approx 5.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = 108 + 5 \times 21 = 213 \text{ м}$. $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 213,00 - 201,65 = \mathbf{11,35 \text{ м}}$.

При $l_{\text{эк}} = 24 \text{ м}$

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{201,65 - (33 + 42 + 33)}{24} = 3,9 \approx 4.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = 108 + 4 \times 24 = \mathbf{204 \text{ м}}$. $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 204,00 - 201,65 = \mathbf{2,35 \text{ м}}$.

Принимаем $l_{\text{эк}} = \mathbf{24 \text{ м}}$, так как при этом разница $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}}$ — наименьшая по абсолютной величине.

4. Пролётная **схема по варианту 2** (с неразрезной балочной системой в судоходной части отверстия моста):

$$\mathbf{2 \times 24 + 33 + 42 + 33 + 2 \times 24.}$$

Следует заметить, что соблюдение указанных принципов и рекомендаций по компоновке вариантов схем мостов позволяет обеспечить минимум материалоемкости и стоимости строительства по каждому из вариантов. При этом очевидно, что вариант 2 по сравнению с вариантом 1 оказывается более выгодным по указанным параметрам, но менее выгодным по трудозатратам, так как технология его монтажа сложнее.

Что касается мостовых опор, то они в обоих вариантах, как правило, не имеют принципиальных различий, так как инженерно-геологические условия идентичные. В частности, устои, т. е. береговые опоры моста, в обоих вариантах одинаковые. Тем не менее промежуточные опоры в каждом из вариантов имеют существенные различия. Так, например, в варианте 1 должны быть предусмотрены более мощные опоры под большие, т. е. судоходные пролеты. А в варианте 2 средний пролёт (42 м) в трёхпролётной неразрезной системе имеет центральное опирание,

что позволяет существенно облегчить опоры, на которые он опирается, и дополнительно снизить материалоемкость и стоимость варианта 2.

Все опоры моста, как правило, имеют свайные фундаменты. Устои моста – козлового типа (см. рис. 4.8). Промежуточные опоры моста обычно состоят из ригеля с подферменниками, облегченной части тела опоры, массивной части и свайного ростверка, состоящего в свою очередь из свай и плиты, которая их объединяет.

В мостостроении применяются, в основном, два типа свай: забивные (призматические или цилиндрические) и буровые (буронабивные, бурообсадные, сваи-оболочки, буровые столбы), отличающиеся как по своей конструкции, так и по способу погружения в грунт. В любом случае острия (ножи) свай должны располагаться в грунте на глубине не менее, чем на 4 м ниже расчётной отметки предельного размыва под мостом. Число свай в ростверке и глубина их погружения определяются расчётом. Однако, при составлении вариантов схем моста их число (по фасаду и на поперечниках) определяется экспертно, исходя из инженерно-геологических условий, несущей способности грунтов в основании мостовых опор.

Расстояние между осями свай соседних рядов в ростверке (вдоль и поперек моста) должно быть равно не менее трех диаметров свай.

4. ПОСТРОЕНИЕ ОБЩЕГО ВИДА, ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНЫХ РАЗРЕЗОВ МОСТА

Рассмотрим порядок выполнения чертежей на конкретном примере.

4.1. Исходные данные и графическое задание

1. Продольный профиль

Горизонтальные расстояния, м

1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
25	20	15	15	15	15	15	15	15	20	25

Цифрами 1, 2, 3, ... обозначены номера точек продольного профиля по оси мостового перехода.

Высотные отметки, м

1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11,12
4,00	-0,70	-1,00	-1,60	-3,10	-2,90	-1,80	-1,00	-0,50	4,20

2. Отметки уровней воды, м:

уровень меженных вод УМВ = 0,00;
расчётный уровень высоких вод РУВВ = 5,20;
расчётный судоходный уровень РСУ = 4,70.

3. Отверстие моста $L_0 = 170$ м.

4. Характеристика грунтов – пески средней крупности.

5. Отметка предельного размыва ПР = - 6,00 м

6. Класс судоходства – VII.

7. Габарит моста – Г–10 + 2 × 1,0 м.

Графическое задание

1. Построить 2 варианта общего вида и продольного разреза моста (на одном изображении слева – вид, справа – разрез)

в масштабе 1:200 на листе формата А1 с увеличением (при необходимости) горизонтального размера на расстояние, кратное 210 мм.

2. По каждому варианту построить поперечные разрезы для середины судоходного и несудоходного пролетов в масштабе 1:100, формат А2.

Поперечный профиль речного русла по оси мостового перехода строится по данным топографической съемки. Левый берег реки изображается слева. В зависимости от длины проектируемого моста профиль выполняется в масштабах: 1:100, 1:200, 1:250. В мостостроении горизонтальный и вертикальный масштабы чертежа идентичны. По данным инженерно-геологических изысканий на профиле показывается геологическое строение речной долины, а также характерные уровни воды: УМВ, РСУ, РУВВ.

Фрагмент профиля показан на рис. 4.1.

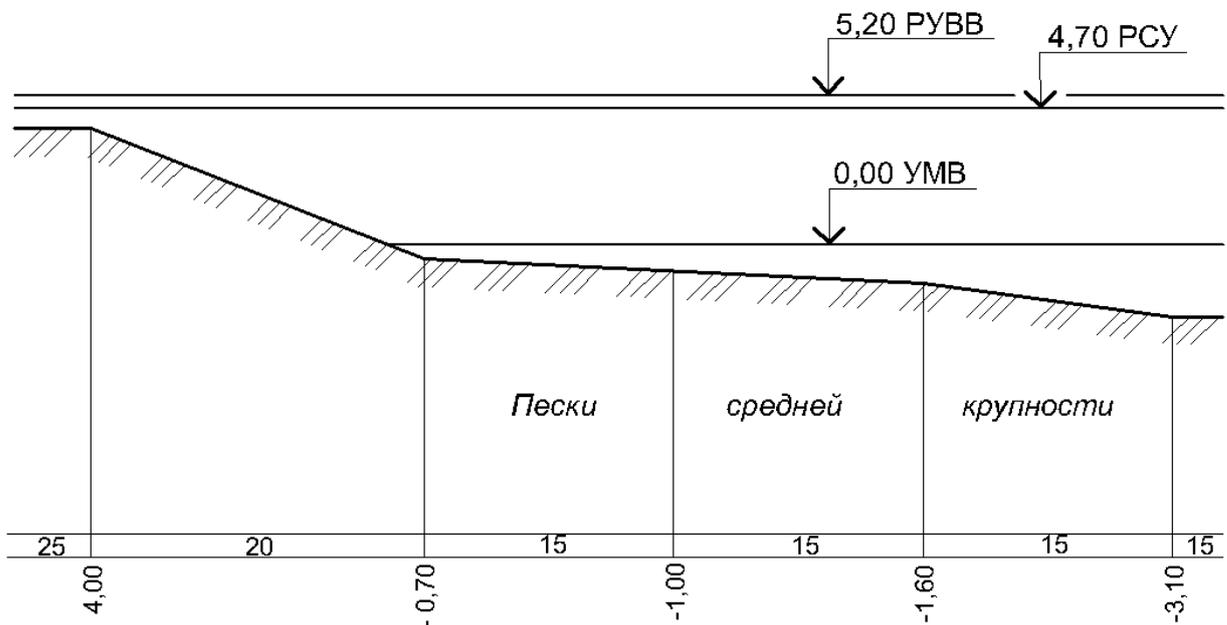


Рис. 4.1. Фрагмент поперечного профиля речного русла

На чертеже продольного профиля высоту ячеек для расстояний принимают равной 5 мм, для отметок – 15 мм.

4.2. Компонировка пролётной схемы моста

Вариант 1 (разрезная балочная система)

Для VII класса судоходства минимальная величина основного судоходного пролёта равна 40 м (прил. 2). Следовательно, для перекрытия судоходных пролётов применим балки длиной 42 м ($h_{\text{б}} = 1,73$ м) и 33 м (прил. 4).

1. Отметка низа конструкции пролётной системы

$$H_{\text{нк}} = PCY + h_{\text{VII}} = 4,70 + 5,00 = 9,70 \text{ м.}$$

2. Отметка проезжей части на мосту

$$H_{\text{пч}} = H_{\text{нк}} + h_{\text{с}} = H_{\text{нк}} + h_{\text{б}} + h_{\text{до}} = 9,70 + 1,73 + 0,15 = 11,58 \text{ м,}$$

где $h_{\text{до}}$ – толщина дорожной одежды.

3. Расчётная длина моста

$$L_{\text{мр}} = L_0 + 2m (H_{\text{пч}} - PУВВ) = 170 + 2 \times 1,5 (11,58 - 5,20) = 189,14 \text{ м.}$$

Фактическая длина моста должна находиться в интервале 183,47 ... 204,27 м (см. главу 3).

4. Число несудоходных пролётов определяем для различных величин экономичных пролётов.

При $l_{\text{эк}} = 18$ м

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{189,14 - (42 + 33)}{18} = 6,3 \approx 6.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = (42 + 33) + 6 \times 18 = 183$ м. Разность $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 183,00 - 189,14 = -6,14$ м.

При $l_{\text{эк}} = 21 \text{ м}$

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{189,14 - (42 + 33)}{21} = 5,4 \approx 6.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = 75 + 6 \times 21 = 201 \text{ м}$. $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 201,00 - 189,14 = \mathbf{11,86 \text{ м}}$.

При $l_{\text{эк}} = 24 \text{ м}$

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{189,14 - (42 + 33)}{24} = 4,7 \approx 5.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = 75 + 5 \times 24 = 195 \text{ м}$. $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 195,00 - 189,14 = \mathbf{5,86 \text{ м}}$.

Принимаем $l_{\text{эк}} = 24 \text{ м}$, так как при этом разница $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}}$ – по абсолютной величине наименьшая.

5. Окончательная пролётная **схема** моста **по варианту 1** (разрезная балочная система)

$$3 \times 24 + 42 + 33 + 2 \times 24.$$

Размещение несудоходных пролётов по длине моста получим после определения местоположения судоходных пролетов. Судоходный фарватер, как правило, соответствует наибольшей глубине речного потока (точка № 6 продольного профиля). В этом месте размещаем середину основного судоходного пролёта (42 м). Поскольку основной судоходный пролёт оказывается несколько смещённым к левому берегу, смежный судоходный пролёт размещаем справа. При не вполне удачном (с первой попытки) расположении береговых пролётов относительно продольного профиля трассы мостового перехода разбивочную пролётную схему моста можно смещать в продольном направлении с тем, чтобы получить примерно одинаковое размещение устоев по высоте и расстоянию до русловых бровок, соблюдая при этом обеспечение условий судоходства.

Вариант 2 (неразрезная балочная система в судоходной части отверстия моста)

По варианту 2 назначаем схему моста в виде трёхпролётной неразрезной балочной системы в судоходной части отверстия моста (33 + 42 + 33) и разрезных пролетов – в несудоходной. При этом $h_{\text{б}} = 1,4$ м.

1. Отметка проезжей части на мосту

$$H_{\text{пч}} = PCY + h_{\text{VII}} + h_{\text{б}} + h_{\text{до}} = 4,70 + 5,00 + 1,4 + 0,15 = 11,25 \text{ м,}$$

2. Расчетная длина моста

$$L_{\text{мр}} = L_0 + 2m (H_{\text{пч}} - \text{РУВВ}) = 170 + 2 \times 1,5 (11,25 - 5,20) = 188,15 \text{ м.}$$

Фактическая длина моста должна находиться в интервале 182,51 ... 203,20 м.

3. Число несудоходных пролетов определяем для различных величин экономичных пролётов.

При $l_{\text{эк}} = 18$ м

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{188,15 - (33 + 42 + 33)}{18} = 4,5 \approx 5.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = (33 + 42 + 33) + 5 \times 18 = 198$ м. Разность $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 198,00 - 188,15 = \mathbf{9,85}$ м.

При $l_{\text{эк}} = 21$ м

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{188,15 - (33 + 42 + 33)}{21} = 3,8 \approx 4.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = 108 + 4 \times 21 = \mathbf{192}$ м. $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 192,00 - 188,15 = \mathbf{3,85}$ м.

При $l_{\text{эк}} = 24$ м

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_{\text{мр}} - \sum l_{\text{суд}}}{l_{\text{эк}}} = \frac{188,15 - (33 + 42 + 33)}{24} = 3,3 \approx 4.$$

Фактическая длина моста $L_{\text{мф}} = \sum l_{\text{суд}} + N_{\text{нс}} l_{\text{эк}} = 108 + 4 \times 24 = 204$ м. $L_{\text{мф}} - L_{\text{мр}} = 204,00 - 188,15 = 15,85$ м.

Принимаем $l_{\text{эк}} = 21$ м. В этом случае мы имеем на одну промежуточную опору меньше по сравнению с вариантом $l_{\text{эк}} = 18$ м.

4. Пролётная **схема по варианту 2** (неразрезная балочная система в судоходной части отверстия моста)

$$2 \times 21 + 33 + 42 + 33 + 2 \times 21.$$

Разбивка пролётной схемы сводится к размещению опор по длине продольного профиля, т. е. к определению местоположения осей опор с учетом зазора 5 см между торцами балок соседних пролётов. Расстояние между осями опор береговых пролётов равно длине балки, уменьшенной на 27,5 см.

Таким образом, для варианта 1 ($3 \times 24 + 42 + 33 + 2 \times 24$) получим следующую схему в осях:

$$23\ 725 + 2 \times 24\ 050 + 42\ 050 + 33\ 050 + 24\ 050 + 23\ 725.$$

Для варианта 2 ($2 \times 21 + 33 + 42 + 33 + 2 \times 21$) пролётная схема в осях опор (с учетом центрального опирания основного судоходного пролёта) выглядит следующим образом:

$$20\ 725 + 21\ 050 + 33\ 025 + 42\ 000 + 33\ 025 + 21\ 050 + 20\ 725.$$

4.3. Поперечный разрез пролётного строения

Габарит моста Г-10 включает в себя две полосы движения по 3,5 м и полосы безопасности по 1,5 м. Ширина тротуара – 1 м. Ширина, необходимая для установки стальных барьерных ограждений, равна $2 \times 0,40$ м. Для установки и закрепления конструкций перил, карнизов требуется еще дополнительно не менее 0,20 м с каждой стороны пролетного строения.

Расчетный пролет балок (расстояния между осями опорных частей по длине балки) – 23,4 м. Полная ширина пролетного строения (рис. 4.2) по его верхней поверхности

$$B = 10,0 + 2 \times 0,4 + 2 \times 1,0 + 2 \times 0,2 = 13,2 \text{ м.}$$

По данным прил. 4 ширина плиты железобетонной балки не зависит от длины балки. Поэтому компоновочная поперечная схема пролётного строения будет иметь одинаковое количество балок для любого пролёта при неизменном габарите моста.

Опалубочная ширина плиты балки заводского изготовления (прил. 4) равна $2e = 2 \times 0,9 = 1,8$ м. Ширина швов омоноличивания принимается равной 0,3 м. Расстояние между осями соседних балок – 2,1 м. Крайние балки поставляются с уширенными внешними консолями ($e = 1,05$ м). Таким образом, шесть балок обеспечивают ширину $2,1 \times 5 + 1,05 \times 2 = 12,6$ м.

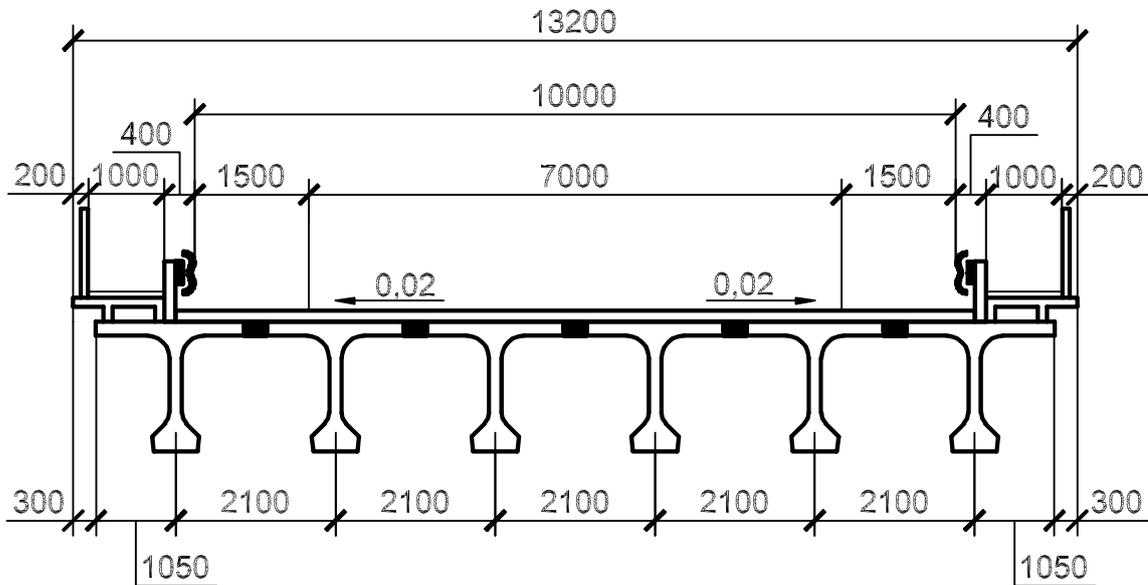


Рис. 4.2. Компоновочная схема пролётного строения

Поперечные разрезы для различных по величине пролетов будут отличаться высотой балок. На опорах, объединяющих

пролеты разной длины, для установки балок меньшей высоты применяют повышенные подферменники (рис. 4.3).

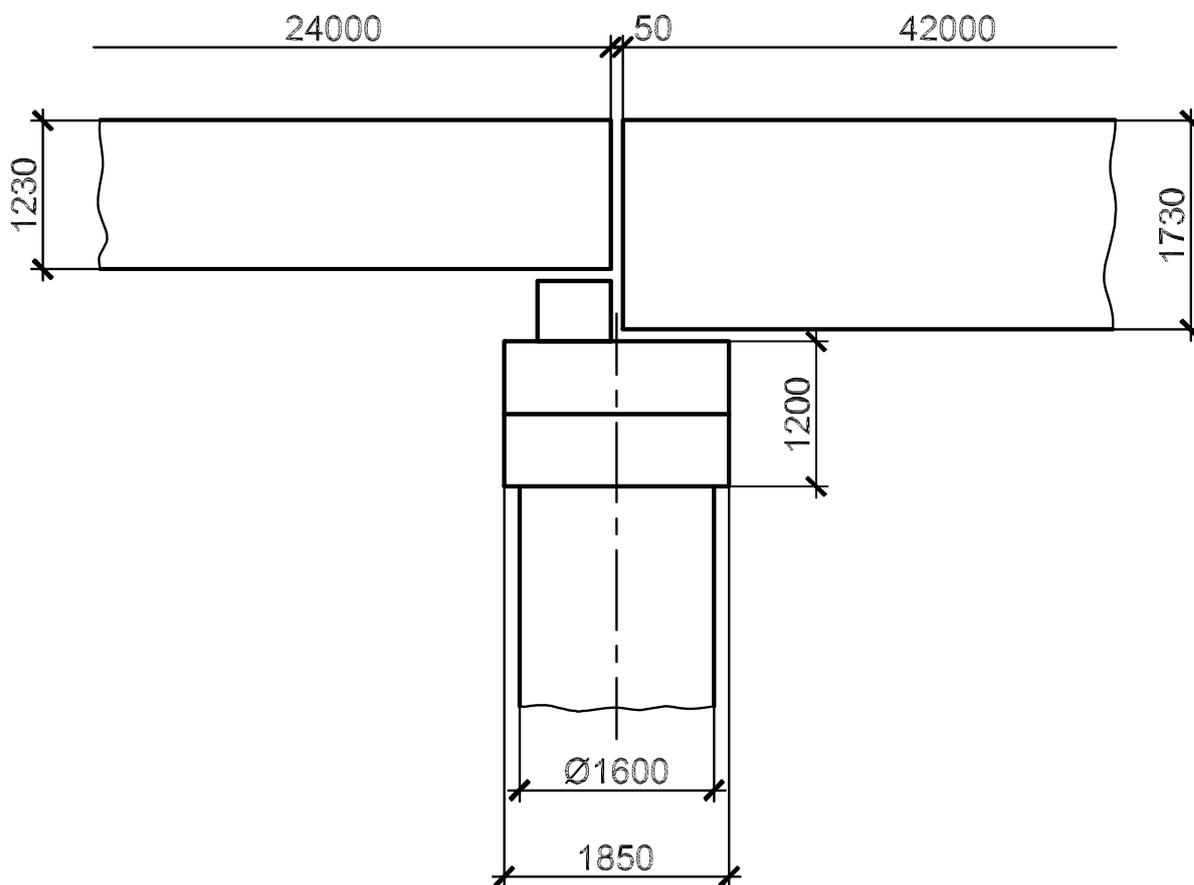


Рис. 4.3. Размещение на промежуточной опоре балок различной высоты

4.4. Промежуточные опоры

Определим размеры подферменной площадки опоры с ригелем прямоугольного (в плане) очертания.

Ширина ригеля по фасаду моста (см. рис. 2.4) равна

$$A = m + \Sigma n + \Sigma (b/2) + 2(c + t + k),$$

где m – зазор между торцами балок соседних пролётов;

n – расстояние от торца балки до оси опорной части;

b – размер квадратной плиты опорной части;

c – расстояние от грани плиты опорной части до края подферменника;

t – расстояние от края подферменника до грани опоры (для пролетов 33 и 42 м $t = 0,25$ м, для пролётов 21 и 24 м $t = 0,15$ м);

k – свес подферменной площадки над телом опоры.

$$A = m + \sum n + \sum b/2 + 2(c + t + k) =$$

$= 0,05 + 0,60 + 0,20 + 2(0,15 + 0,25 + 0,10) = 1,85$ м для пролётов 33 и 42 м. $A = 1,65$ м для пролётов 21 и 24 м.

Длина прямоугольного ригеля поперёк моста (см. рис. 2.4)

$$B = B_{кр} + b + 2c + 2 \times 0,5,$$

где $B_{кр}$ – расстояние между осями крайних балок.

0,5 м – минимальное расстояние от края подферменника до края ригеля поперёк моста.

$$B = 10,5 + 0,20 + 2 \times 0,15 + 2 \times 0,5 = 12,0 \text{ м.}$$

Высота ригеля принимается равной 1,2 м (рис. 4.4).

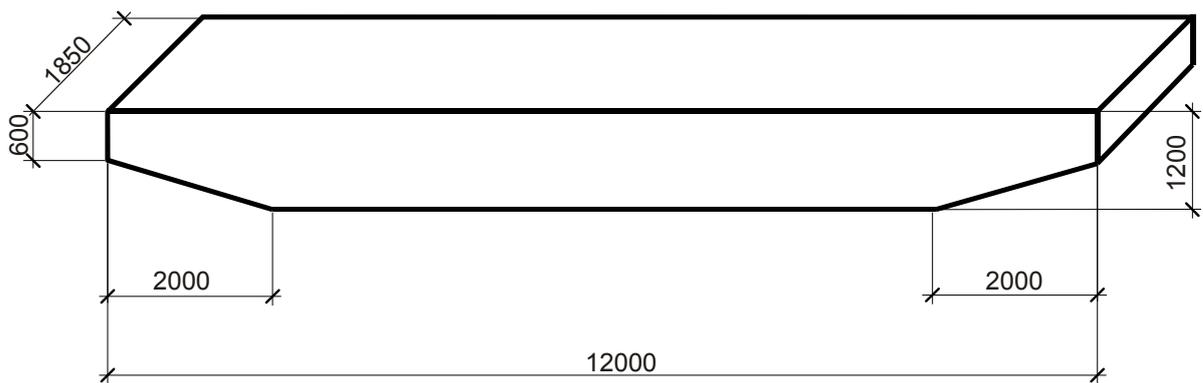


Рис. 4.4. Ригель промежуточной опоры судового пролёта

Вариант 1

Для судоходных пролётов верхняя часть опоры выполняется в виде рамной надстройки, состоящей из стоек и ригеля, на который через подферменники опираются балки пролётных строений. Стойки собираются из секций оболочек, заполненных бетоном, диаметром 1,6 м. Геометрические параметры опоры представлены на рис. 4.5.

Отметка верха ригеля

$$H_p = H_{нк} - h_{оч} = 9,70 - 0,10 = 9,60 \text{ м},$$

где $h_{оч}$ – высота опорных частей.

Массивная часть опоры возвышается над РУВВ на 0,5 м. Отметка верха массивной части равна $5,20 + 0,50 = 5,70$ м. Верх свайного ростверка располагается на 0,5 м ниже УМВ, т.е. на отметке $-0,50$ м. Отметка низа ростверка равна $-0,50 - 2,00 = -2,50$ м. Длина применяемых призматических железобетонных свай сечением 35×35 см – 9 м, из которых верхний метр моноличивается в массиве ростверка. Следовательно, отметка острия свай равна $-2,50 - 8,00 = -10,50$ м.

Под воздействием природных русловых деформаций максимальная глубина водного потока может оказаться у любой промежуточной опоры. Поэтому свайные ростверки всех промежуточных опор размещаются на отметке, определенной для судоходного пролёта.

Всего предусматриваются три опоры, представленные на рис.4.5. На них опираются пролеты длиной 42 и 33 м. Опоры несудоходных пролётов (рис. 4.6) имеют уменьшенные по сравнению с опорами судоходных пролётов размеры конструктивных элементов: ширина ригеля – 1,65 м (вместо 1,85 м), диаметр стоек – 1,2 м (1,6 м), толщина массивной части – 2,2 м (2,6 м), ширина ростверка – 3,2 м (3,6 м).

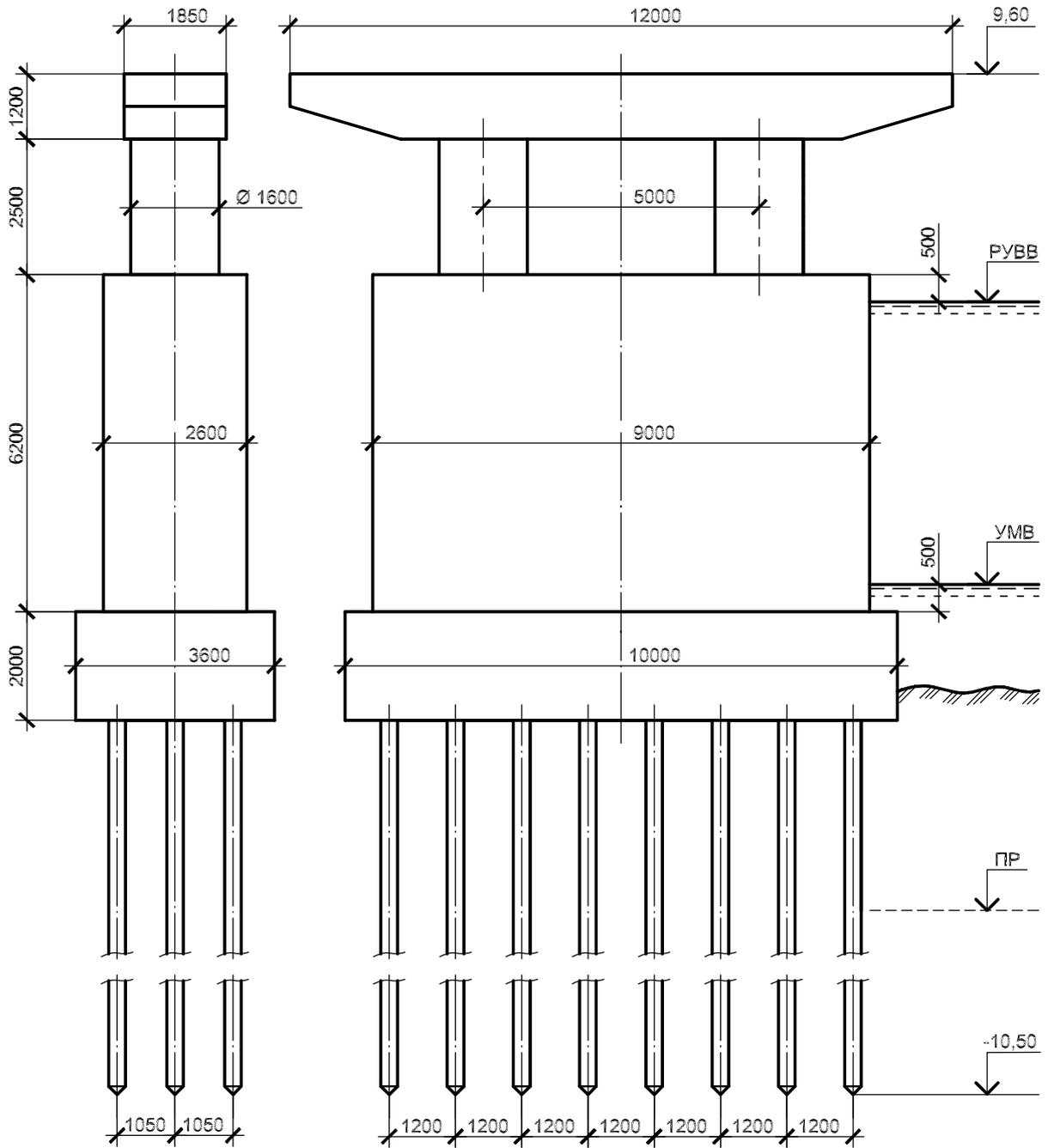


Рис. 4.5. Промежуточная опора судового пролета
(вариант 1)

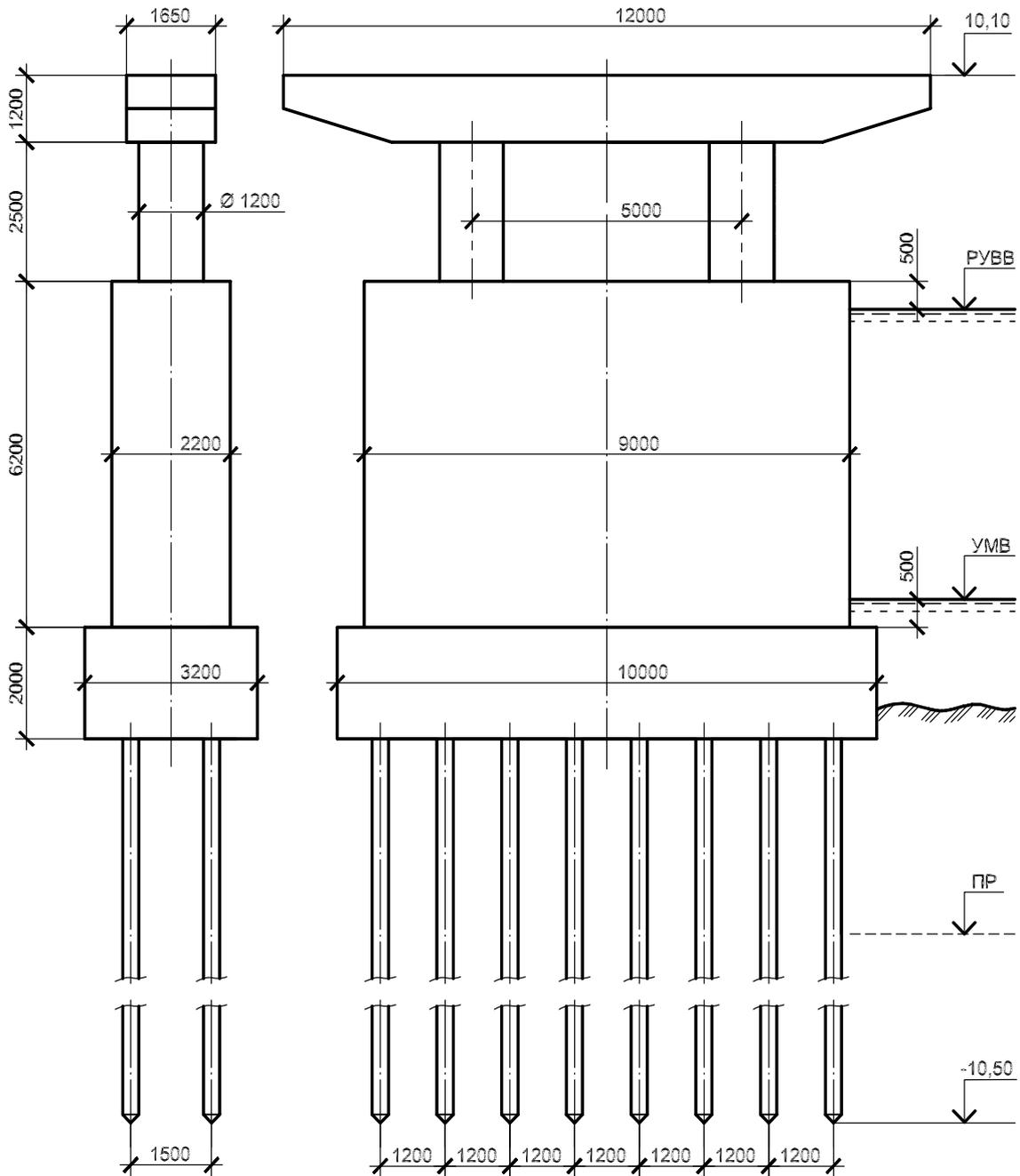


Рис. 4.6. Промежуточная опора несудоходного пролета
(вариант 1)

Вариант 2

Промежуточные опоры принимаются унифицированными по всей длине моста, безростверковыми, из железобетонных оболочек диаметром 1,6 м, заполненных бетоном (рис. 4.7).

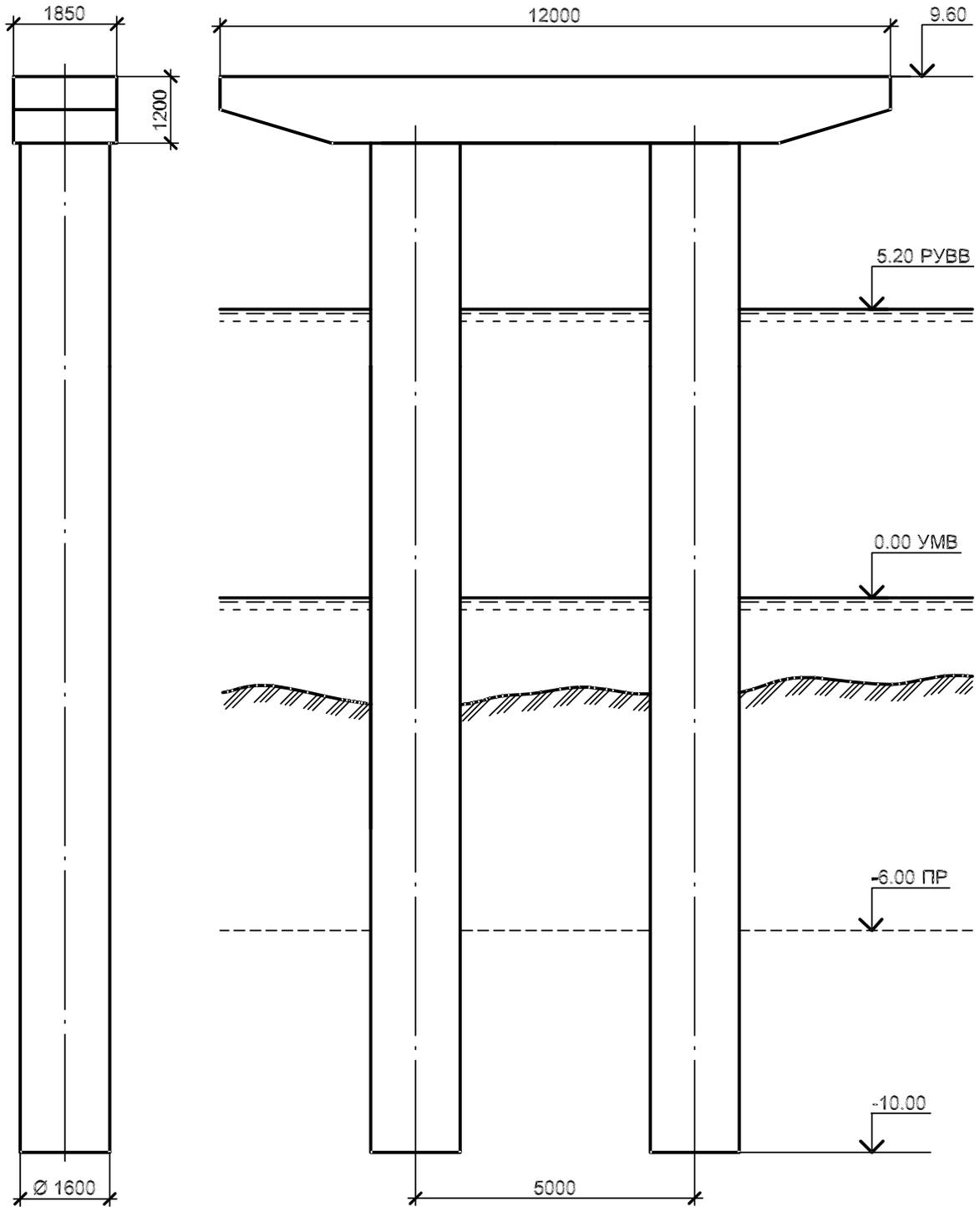


Рис. 4.7. Промежуточная опора судового пролёта
(вариант 2)

Для несудового пролёта отметка верха ригеля равна 9,77 м.

4.5. Обсыпные береговые устои

В первом варианте рассматриваемого примера в качестве береговых опор приняты обсыпные устои козлового типа, в которых использованы призматические железобетонные сваи сечением 35 x 35 см и длиной 12 м. Поперек моста сваи расположены в два ряда. Расстояние между осями свай в ряду – 1,2 м. Сваи ряда, обращенного к реке, – наклонные (8:1).

Конструктивные размеры устоя зависят от высоты насыпи и балок берегового пролетного строения (рис. 4.8). На участке сопряжения насыпи и пролетного строения применены железобетонные переходные плиты размером 8000 x 980 x 400 мм.

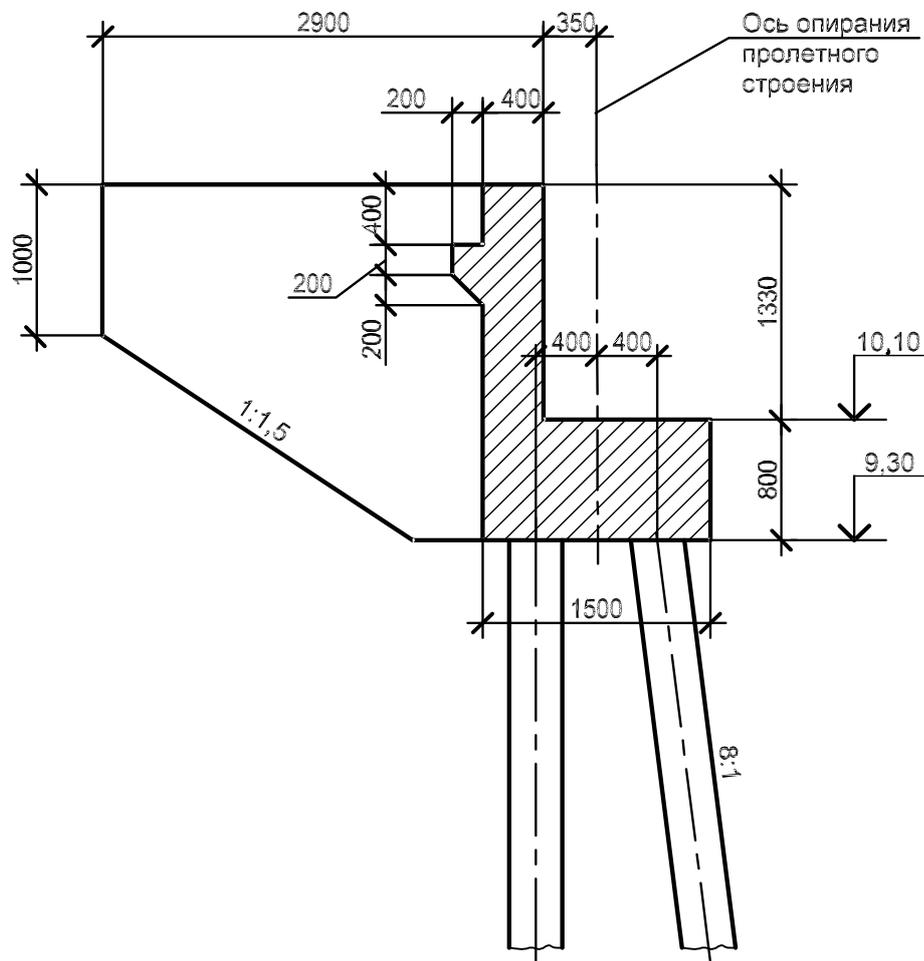


Рис. 4.8. Обсыпной устой козлового типа

Для второго варианта предусмотрены безростверковые обсыпные устои на сваях-оболочках (рис.4.9). Две сваи-оболочки объединяются ригелем (насадкой). Расстояние между осями свай – 5 м.

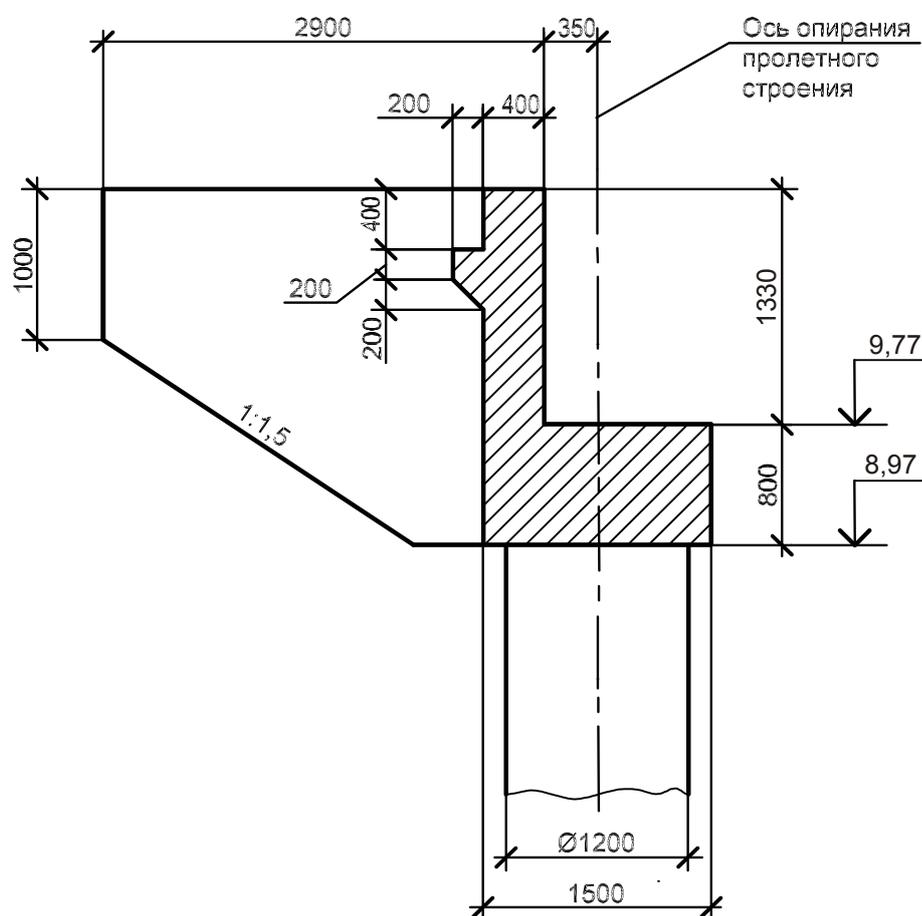


Рис. 4.9. Безростверковый устой на сваях-оболочках

4.6. Общий вид, продольный и поперечные разрезы моста

На одном изображении совмещаются общий вид (слева) и продольный разрез (справа) моста. На стадии вариантного проектирования перила и опорные части не показываются. Для опорных частей оставляется зазор между ригелем опоры и балкой

пролётного строения, равный 10 см. Деформационные швы толщиной 5 см между торцами балок соседних пролётов и на устоях на чертеже показываются внемасштабно, толщиной 1 мм. В настоящей учебной работе продольный профиль пролётного строения моста принят горизонтальным.

Графические построения выполняются в соответствии с нормативно-техническими документами [2, 4, 7, 12, 13], регламентирующими особенности строительных чертежей.

Современные средства компьютерной графики позволяют строить трёхмерные изображения по исходным данным настоящего пособия. На рис. 4.10 представлена перспектива моста, построенная в среде Автокад студентом МАДИ Журавлёвым Д.А.

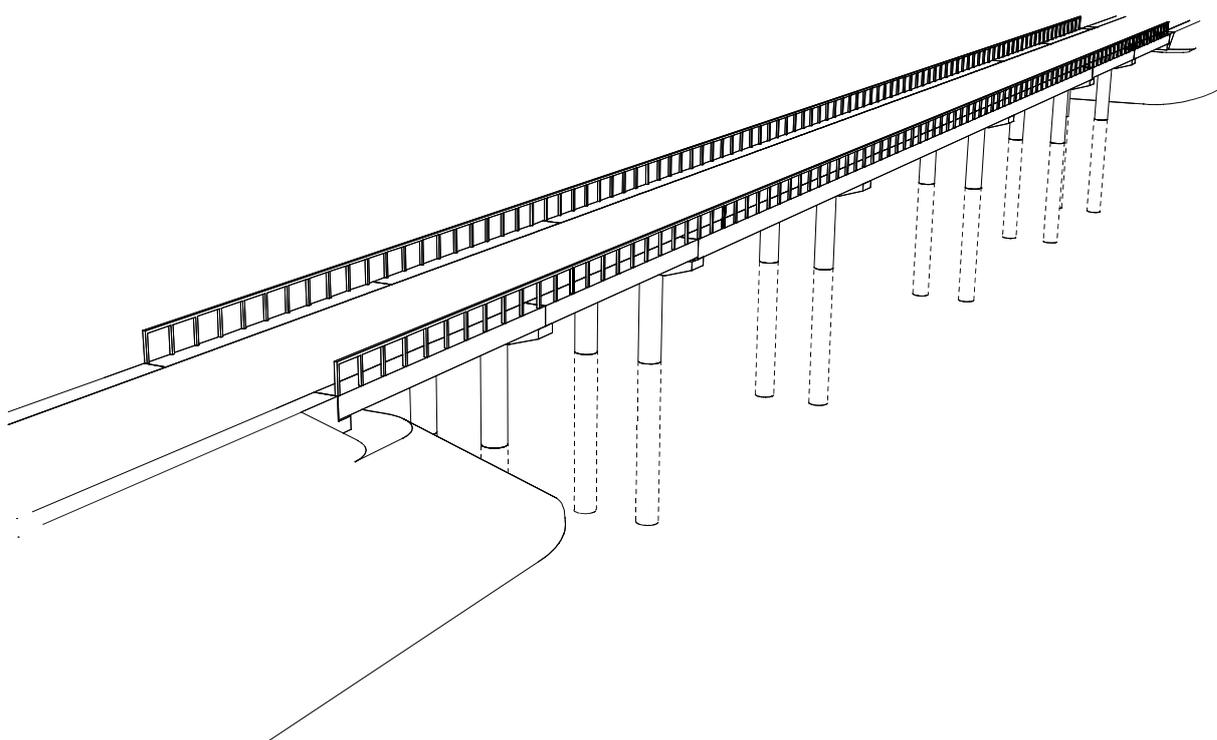


Рис. 4.10. Перспектива балочного железобетонного моста

5. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

5.1. Общие положения

Курсовой проект на тему: Вариантное проектирование балочного железобетонного моста является основополагающей работой в ходе подготовки квалифицированного специалиста.

Он является основой изучения дисциплины «Проектирование инженерных сооружений» в ходе подготовки студентов к выполнению выпускной квалификационной работы.

Студенты выполняют курсовой проект на основании задания приведенного в Приложении 1 данного пособия.

При выполнении курсового проекта студенты должны внимательно ознакомиться с исходными данными, изучить необходимую литературу и разработать 3 варианта проекта моста, произвести выбор наиболее рациональной схемы моста по критерию минимального использования железобетона. Для рациональной (выбранной) конструкции студент разрабатывает 2 варианта технологической схемы возведения инженерного сооружения с учетом современных технологических решений.

Оформление пояснительной записки и чертежей курсового проекта обучаемые должны выполнять с применением ЭВМ, используя имеющиеся программы.

Защита курсового проекта состоит в ответах на вопросы по проекту, с целью выяснения глубины проработки представленных материалов.

5.2. Состав проекта

Курсовой проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Объем пояснительной записки 10-15 страниц с необходимыми эскизами, таблицами и расчетными схемами.

Перед текстом расчетно-пояснительной записки помещается бланк задания и содержание, затем дается введение, в котором кратко указываются основные задачи в области проектирования мостовых сооружений в настоящее время и раскрывается актуальность данной работы.

Расчётно-пояснительная записка должна содержать следующие материалы:

1. Исходные данные для вариантного проектирования.
2. Описание вариантов мостового сооружения и порядок их расчета.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты исходных данных для выполнения курсового проекта

1. Продольный профиль мостового перехода										
Номера точек профиля	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Горизонтальные расстояния, м										
1 - 2	10	10	10	40	15	20	30	15	15	10
2 - 3	25	20	20	10	15	20	15	15	15	10
3 - 4	15	20	20	10	15	20	15	20	15	20
4 - 5	15	20	20	15	20	15	15	20	15	10
5 - 6	20	20	20	15	20	15	15	20	25	30
6 - 7	20	20	20	15	25	15	15	20	25	30
7 - 8	20	20	20	15	20	15	15	20	25	30
8 - 9	15	20	20	15	20	15	15	20	15	10
9 - 10	15	20	20	15	15	20	15	20	15	20
10 - 11	25	20	20	10	15	20	15	15	15	10
11 - 12	10	10	10	40	15	20	30	15	15	10

Продолжение прил. 1

Номера точек профиля	Высотные отметки, м									
	1,2	4,30	4,20	4,00	3,90	4,10	3,70	4,30	3,20	3,70
3	2,70	2,80	2,50	1,90	1,10	-0,60	0,40	-0,50	-0,30	0,00
4	-0,70	-0,60	-0,90	-0,80	-1,20	-0,90	-0,80	-1,20	-1,10	-0,70
5	-1,60	-1,00	-1,10	-2,00	-2,20	-1,50	-1,70	-1,80	-1,40	-1,90
6	-2,70	-2,00	-1,90	-2,50	-3,20	-2,20	-2,60	-2,50	-2,40	-3,40
7	-2,20	-2,60	-2,10	-2,30	-2,70	-2,00	-2,30	-2,70	-2,10	-3,00
8	-1,70	-1,80	-1,50	-1,80	-1,90	-1,60	-1,40	-2,10	-1,70	-2,00
9	-0,90	-1,10	-0,70	-0,50	-1,00	-0,80	-0,90	-1,50	-1,20	-0,60
10	3,20	3,00	2,90	2,20	1,20	-0,60	0,60	-0,75	-0,40	2,50
11,12	4,40	4,30	3,80	4,10	4,30	4,00	4,20	3,40	3,90	4,10
2. Отметки уровней воды, м										
УМВ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
РУВВ	4,80	5,00	4,40	4,50	5,10	4,60	4,70	4,30	4,40	4,50
PCY	3,40	3,90	3,30	2,90	3,80	3,00	3,50	2,80	2,50	3,20
3. Отверстие моста, м										
В соответствии с тремя строками номеров вариантов	120	140	150	140	140	160	140	160	150	160
	140	150	160	150	150	170	150	170	160	170
	160	160	170	160	160	180	160	180	170	180
4. Отметка предельного размыва	-6,00	-5,50	-5,00	-5,50	-6,00	-5,00	-5,50	-5,50	-5,50	-6,50
5. Характеристика грунтов	Пески средней крупности									
6. Класс судоходства	VII									
7. Габарит моста	Г - 10 + 2 x 1,0 м									

ВЫПОЛНИТЬ:

1. Спроектировать 3 варианта решения схемы балочного железобетонного моста.
2. Выбрать рациональную конструктивную схему моста (элементов пролетных строений и опор) с учетом минимальных требуемых объемов железобетона используя таблицу П1.1.
3. Разработать 2 варианта технологической схемы возведения балочного железобетонного моста.
4. Выбрать рациональную технологическую схему строительства балочного железобетонного моста.

Таблица П1.1

Требуемый объем железобетона для i-го варианта моста

№ элемента	Наименование элемента	Длина, м	Поперечное сечение, м ²	Объем на один элемент, м ³	Количество элементов	Объем всех элементов, м ³
1	Рёбристое пролетное строение	15,0	4,4795	67,1925	8	537,54
...						
i						
Общий объем железобетона на i-ый вариант составляет.						

Подмостовые габариты судоходных пролётов мостов

Подмостовым габаритом называется минимальное предельное очертание подмостового пространства, предназначенного для про-пуска судов, судовых и плотовых составов.

Очертания и размеры подмостовых габаритов судоходных неразводных пролетов мостов в зависимости от класса судоходства должны соответствовать указанным на схеме (рис. П2.1) и в таблице (табл. П2.1). При этом надводная высота подмостового габарита h отсчитывается от расчетного судоходного уровня (PCY), а гарантированная глубина судового хода - от наинизшего (меженного) судоходного уровня воды (HCY).

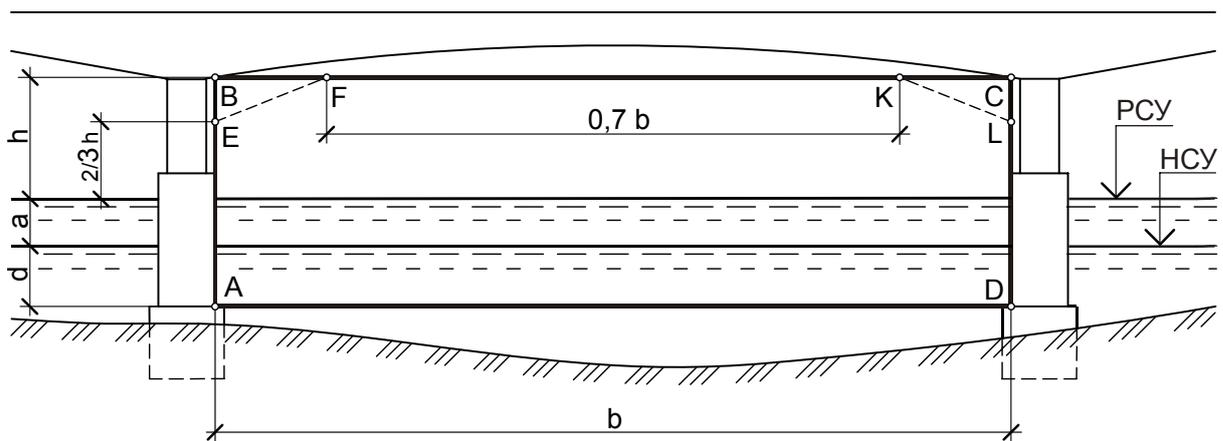


Рис. П2.1. Очертания подмостовых габаритов:

- PCY - расчётный судоходный уровень воды;
- HCY - наинизший судоходный уровень воды;
- ABCD и AEFKLD - контуры подмостового габарита;
- h - высота подмостового габарита над PCY;
- b - ширина подмостового габарита;
- d - гарантированная глубина судового хода;
- a - амплитуда колебаний уровней воды

Мосты проектируют, как правило, не менее, чем с двумя судоходными пролётами: основным - для низового направления движения судов и смежным - для взводного направления. При ширине водного пути с гарантированными глубинами, недостаточной для размещения двух судоходных пролётов, предусматривают один судоходный пролёт (основной).

Таблица П2.1

Подмостовые габариты судоходных пролётов мостов

Класс судоходства	Гарантированная глубина судового хода, м	Высота подмостового габарита, м	Ширина подмостового габарита, м	
			основного	смежного
I	Более 3,2	16,0	140	120
II	2,5 ... 3,2	14,5	140	100
III	1,9 ... 2,5	13,0	120	80
IV	1,5 ... 1,9	11,5	120	80
V	1,1 ... 1,5	10,0	100	60
VI	0,7 ... 1,1	7,5	60	40
VII	0,5 ... 0,7	5,0	40	30

Очертание подмостового габарита должно быть прямоугольным (контур ABCD на рис. П2.1). На водных путях I ... IV классов для мостов с криволинейным очертанием нижнего пояса пролётно-го строения, расположенных в стеснённых условиях (в пределах городов и подходов к ним, вблизи транспортных узлов и пр.), допускается принимать очертание подмостового габарита по контуру AEFKLD.

Середину судоходных пролётов совмещают с осью соответствующего судового хода.

В мостах через несудоходные реки возвышение низа конструкции пролётных строений над РУВВ принимается не менее 0,5 м, а при наличии карчехода не менее 1,0 м.

Возвышение низа пролётных строений над уровнем высокого ледохода принимают не менее 0,75 м, а при наличии на реке заторов льда - не менее 1,0 м. Минимальное возвышение верха площадок для установки опорных частей над РУВВ - 0,25 м и над уровнем высокого ледохода - 0,5 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Габариты по ширине мостов

Габаритом моста называется расстояние между ограждениями, лимитирующими ширину проезжей части пролётного строения. Ограждения могут быть металлическими (стальной профиль), бетонными (бордюр бетонный), каменными (бордюр гранитный), деревянными (колесоотбойный брус). Конструктивные элементы поперечной схемы верхней части пролётного строения автодорожных мостов представлены на рис. ПЗ.1.

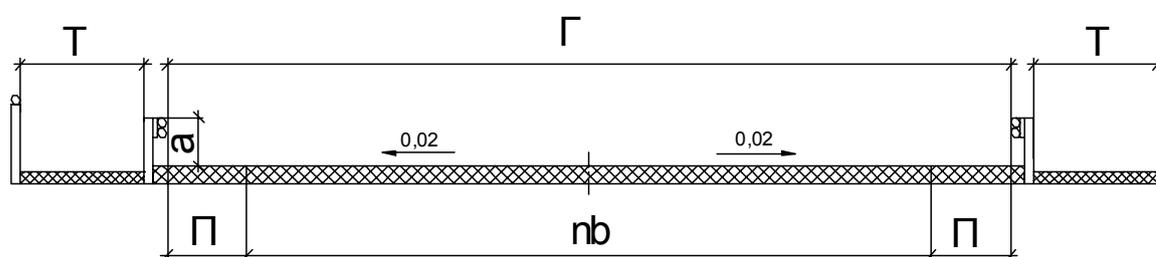


Рис. ПЗ.1. Схема габаритов приближения конструкций на автодорожных мостах:

Г – расстояние между ограждениями проезда, в которое входят полосы безопасности;

nb – общая ширина проезжей части;

b – ширина каждой полосы движения;

n – число полос движения;

П – ширина полосы безопасности (предохранительной полосы);

А – высота ограждений проездов (принимается на автомобильных дорогах I ... III категорий не менее 75 см для барьерных и 60 см для парапетных ограждений);

Т – ширина тротуаров.

Таблица П3.1

Габариты по ширине мостов

Категория дороги	Число полос движения	Габариты	Ширина, м	
			полос безопасности	проезжей части
II	2	Г–11,5	2,0	2 x 3,75 = 7,5
III		Г–10	1,5	2 x 3,50 = 7,0
IV		Г–8	1,0	2 x 3,00 = 6,0
V	1	Г–6,5	1,0	4,5
		Г–4,5	0,5	3,5

На мостах, как правило, предусматривают на каждой стороне тротуары или служебные проходы, ограждаемые с наружных сторон перилами высотой 1,10 м.

Ширину многополосных тротуаров, как правило, назначают кратной 0,75 м, ширину однополосных тротуаров – не менее 1,0 м.

Устройство тротуаров с шириной, не кратной 0,75 м, обусловленное конструктивными соображениями, допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании и по согласованию с заказчиком.

Основные геометрические характеристики

Длина балки, м	Геометрические размеры, мм					
	h	e	b	b ₂	a	c
12	930	700	1400	600	100	10
	930	900	1800	600	100	10
15	930	700	1400	600	100	10
	930	900	1800	600	100	10
18	1230	700	1400	590	150	15
	1230	900	1800	590	150	15
21	1230	700	1400	590	150	15
	1230	900	1800	590	150	15
24	1230	700	1400	590	150	15
	1230	900	1800	590	150	15
33 h = 1,53	1530	700	1400	580	200	20
	1530	900	1800	580	200	20
33 h = 1,73	1730	700	1400	580	200	20
	1730	900	1800	580	200	20
42 h = 1,73	1730	700	1400	580	200	20
	1730	900	1800	580	200	20
42 h = 2,13	2130	700	1400	580	200	20
	2130	900	1800	580	200	20

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов. – М.: Транспорт, 1980. – 215 с.
2. Будасов Б.В., Каминский В.П. Строительное черчение. – М.: Стройиздат, 1990. – 464 с.
3. Вишневская А.К. Основной чертеж моста и перспектива моста. – М.: МАДИ, 1984. – 32 с.
4. ГОСТ 21.101–97. Межгосударственный стандарт. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации.
5. Зензинов Н.А., Рыжак С.А. Выдающиеся инженеры и ученые железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт, 1990. – 480 с.
6. Калмыков Н.Я. Общие принципы композиции мостового перехода. – М.: Автотрансиздат, 1957. – 46 с.
7. Короев Ю.И. Строительное черчение и рисование. – М.: Высшая школа, 1983. – 288 с.
8. Кузнецов Н.С. Начертательная геометрия. – М.: Высшая школа, 1981. – 262 с.
9. Курлянд В.Г. Вариантное проектирование балочных железобетонных мостов: Учебное пособие / МАДИ. – М., 1988. – 106 с.
10. Минеева С.М. Учебно-методическое пособие по строительному черчению (Общий чертеж моста). – М.: Высшая школа, 1966. – 42 с.
11. Мосты и сооружения на дорогах: Учебник для вузов: В 2-х ч.; Под ред. П.М.Саламахина. Ч.1. – М.: Транспорт, 1991. – 344 с.
12. Общие правила выполнения чертежей. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. – 231 с.
13. Оганесов О.А., Кузенева Н.Н. Инженерная графика. Справочные материалы: Учебное пособие / МАДИ(ГТУ). Часть 1. – М., 2006. – 94 с.
14. Родионова Н.Г. Прогулка по старому Острову. – Остров: Краеведческий музей, 1991. – 36 с.
15. Симонин С.И., Котов Ю.В. Наглядные изображения при проектировании автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1992. – 159 с.
16. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 214 с.
17. Соломенцева Н.С. Методические указания по расчету фундаментов промежуточных опор мелкого заложения / МАДИ. – М., 1994. – 38 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
1. Общие сведения о мостах и мостовых переходах	4
1.1. Основные понятия и краткая классификация мостов	4
2. Конструктивные элементы железобетонных мостов	9
2.1. Балочные пролетные строения	9
2.2. Опоры	9
2.3. Сопряжение моста с подходной насыпью и укрепление конусов	17
3. Принципы и последовательность компоновки схем вариантов балочного железобетонного моста	20
4. Построение общего вида, продольного и поперечных разрезов моста	28
4.1. Исходные данные и графическое задание	28
4.2. Компоновка пролетной схемы моста	30
4.3. Поперечный разрез пролетного строения	33
4.4. Промежуточные опоры	35
4.5. Обсыпные береговые устои	41
4.6. Общий вид, продольный и поперечные разрезы моста ...	42
5. Указания по выполнению курсового проекта	44
5.1. Общие положения	44
5.2. Состав проекта	44
5.3. Графическая часть	45
5.4. Указания по описанию конструкции вариантов мостового сооружения	45
Приложение 1. Варианты исходных данных	46
Приложение 2. Подмостовые габариты судоходных пролетов мостов	49
Приложение 3. Габариты по ширине мостов	51
Приложение 4. Основные геометрические характеристики железобетонных предварительно напряженных балок	53
Литература	55